

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-303114

(43)Date of publication of application : 13.11.1998

(51)Int.Cl.

H01L 21 027  
G03F 7 20

(21)Application number : 09-121757

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 23.04.1997

(72)Inventor : USHIDA KAZUO  
SUWA KYOICHI

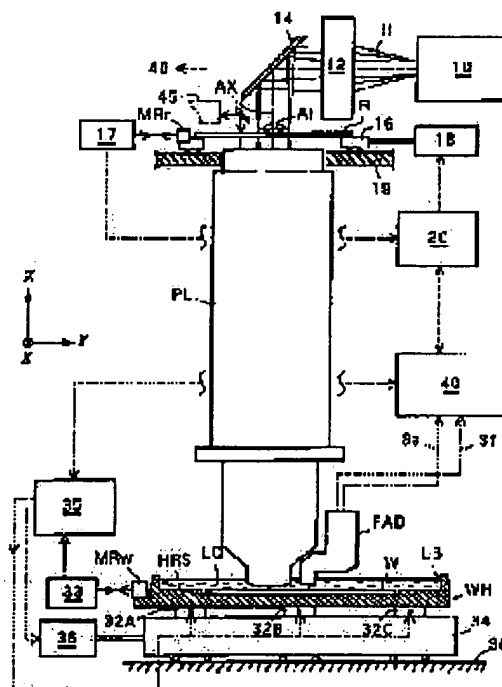
## (54) IMMERSION ALIGNER

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an immersion aligner which does not cause the deterioration of its image forming performance.

**SOLUTION:** An immersion aligner which is provided with a projection optical system PL which transfers a pattern Pa drawn on a reticle R to the surface of a wafer W and print-transfers the pattern Pa, and in which at least part of the working distance L between the lens surface Pe of the optical system PL closest to the wafer W and the wafer W, is filled up with a liquid LQ which transmits exposing light IL is constituted so that the working distance L may meet a relation,  $L \leq \lambda / (0.3 \times |\Delta N|)$  (where,  $\lambda$  and  $N$  ( $1/^\circ\text{C}$ ) respectively represent the wavelength of the light IL and the

temperature coefficient of the refractive index of the liquid LQ). In addition, the liquid LQ is prepared by adding an additive which reduces the surface tension of pure water or increases the interface activity of the pure water to the pure water.



## \* NOTICES

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1 It has a projection optical system which carries out printing transfer of the pattern drawn on reticle on a wafer, In an immersion photolithography system which filled at least a part of the working distances between a lens side which approached a wafer of this projection optical system most, and said wafer with a fluid which penetrates exposing light, When the length of said working distance is set to  $L$ , wavelength of said exposing light is set to  $\lambda$  and a temperature coefficient of a refractive index of said fluid is set to  $N$  ( $1 - \frac{1}{N^2}$ ), it is  $L < \lambda (0.3 \times |N|)$ .

An immersion photolithography system forming so that it may become.

[Claim 2 It has a projection optical system which carries out printing transfer of the pattern drawn on reticle on a wafer, In an immersion photolithography system which filled at least a part of the working distances between a lens side which approached a wafer of this projection optical system most, and said wafer with a fluid which penetrates exposing light, An immersion photolithography system using what added an additive agent which decreases surface tension of pure water or increases the degree of surface activity of pure water to said pure water as said fluid.

[Claim 3 The immersion photolithography system according to claim 1 or 2 whose length  $L$  of said working distance is 2 mm or less.

[Claim 4 The immersion photolithography system according to claim 1, 2, or 3 which synchronized with a velocity ratio corresponding to magnification of said projection optical system, and has arranged said reticle and a wafer to uniform velocity so that a scan is possible.

[Claim 5 The immersion photolithography system according to claim 1, 2, 3, or 4 using light of an ultraviolet area as said exposing light.

[Claim 6 The immersion photolithography system according to claim 1, 2, 3, 4, or 5 which

formed a lower end surface of a body tube of said projection optical system which forms an optical surface by the side of a wafer of a tip optical element by the side of a wafer planate most, and holds said tip optical element so that the same flat surface as said optical surface might be made, and cutted off the corners to a lower end peripheral face of said body tube.

[Claim 7 The immersion photolithography system according to claim 6 in which said tip optical element is a parallel plate.

[Claim 8 Hold said wafer with a holder table, and a wall is set up on an upper surface periphery of said holder table so that working distance can be filled with said fluid, An immersion photolithography system of claim 1-7 given in any 1 paragraph which provided a fluid supply unit so that said fluids could be supplied and collected in said holder table, and prepared both sides of said holder table and a fluid supply unit a temperature regulator.

[Claim 9 Hold said wafer by a wafer chuck, and a wall is set up on an upper surface periphery of said wafer chuck so that working distance can be filled with said fluid, An immersion photolithography system of claim 1-7 given in any 1 paragraph which attached a hoisting drive device to said pin so that said wafer chuck might be penetrated, at least three pins might be formed and said wafer could be lifted above said wafer chuck.

[Claim 10 Hold said wafer by a wafer chuck, and a wall is set up on an upper surface periphery of said wafer chuck so that working distance can be filled with said fluid, An immersion photolithography system of claim 1-7 given in any 1 paragraph which attached a hoisting drive device to said wafer chuck so that said wafer chuck might be penetrated, at least three pins might be formed and an upper bed of said wall of a wafer chuck could be made lower than a lower end of said projection optical system.

[Claim 11 An immersion photolithography system of claim 1-10 given in any 1 paragraph which avoided interference with a lower end part of a projection optical system by providing a fluid-tight door section which can be freely opened and closed to said a part of wall.

[Claim 12 An immersion photolithography system of claim 1-11 given in any 1 paragraph which attached a mirror for interferometers to the side of said projection optical system, and established a protection means so that it might be isolated from a steam which emits light flux entered and reflected in this mirror from said fluid.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention

[0001]

[Field of the Invention This invention relates especially to the exposure device of an immersion type about the exposure device which bakes the pattern drawn on reticle on a wafer according to a projection optical system.

[0002]

[Description of the Prior Art Although the interval between the last lens side of an optical system and the image surface was called working distance, the working distance of the projection optical system of the conventional exposure device was filled with air. As for this working distance, it was common to have taken not less than 10 mm on account of making an autofocus optical system intervene etc. On the other hand, the minuteness making is desired increasingly and it is necessary to attain short wavelength formation of an exposure wavelength for that purpose, or to aim at increase of a numerical aperture about the pattern transferred to a wafer. However, since there is a limit in the kind of glass material which penetrates the light of short wavelength, the exposure device of the immersion type which attains minuteness making of an exposure pattern is proposed by filling working distance with a fluid and aiming at increase of a numerical aperture.

[0003]In the exposure device of an immersion type, there is a possibility that distribution may arise in a refractive index according to the temperature distribution of the fluid made to be placed between working distances. Then, the following art is proposed as a measure against degradation of the image formation performance resulting from the temperature change of a fluid. Namely, as what attains stabilization of temperature with the temperature stable mechanism of a (\*\*) fluid, The art indicated by drawing 3 of the U.S. Pat. No. 4,346,164 item is proposed, and the art indicated by JP,6-124873,A is proposed as what attains equalization of temperature by an excitation agitator style. Measuring temperature or a refractive index to

JP,6-124873,A similarly as what is fed back to temperature control with the temperature monitor mechanism of a (\*\*) fluid is proposed.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention However, in ( ), if how many temperature is stabilized, as shown below actually, the temperature control in the accuracy which is hard to be referred to as realistic is needed [ the argument referred to as whether it is satisfactory practically is not accomplished, but ]. If it takes into consideration also about ( ) that the temperature nonuniformity of a fluid influences image formation performance most, it will be hard to call it an effective measure. Thus, in the conventionally publicly known art about an immersion photolithography system, it was in the situation which cannot be referred to as that there is no example which mentioned the restrictions about the optical parameter of a projection optical system like working distance itself, and the special conditions of an immersion type are taken into consideration. Therefore, this invention makes it a technical problem to make easy temperature control of the fluid which fills working distance, and to provide the immersion photolithography system which does not cause degradation of image formation performance.

[0005]

[Means for Solving the Problem this invention being made in order to solve an aforementioned problem, namely, It has a projection optical system which carries out printing transfer of the pattern drawn on reticle on a wafer, In an immersion photolithography system which filled at least a part of the working distances between a lens side and a wafer which approached a wafer of this projection optical system most with a fluid which penetrates exposing light, When the length of working distance is set to  $L$ , wavelength of exposing light is set to  $\lambda$  and a temperature coefficient of a refractive index of a fluid is set to  $N$  ( $1-1/N$ ), it is  $L < \lambda (0.3 \times |N|)$ .

It is a forming immersion photolithography system so that it may become, and it is an immersion photolithography system using what added an additive agent which decreases surface tension of pure water or increases the degree of surface activity of pure water to pure water as said fluid.

[0006]An operation of this invention is explained below. Distance from a glass surface at a tip of a projection optical system to an image formation face, i.e., working distance, is set to  $L$ , If width of temperature distribution of a medium which fills the working distance  $L$  is set to  $\Delta T$ , aberration of an image formation wave front resulting from this temperature distribution  $\Delta T$  is set to  $\Delta F$  and a temperature coefficient of a refractive index of a fluid is set to  $N$ , the following formulas (1) will be materialized approximately.

$$\Delta F = L \times |N| \times \Delta T \dots (1)$$

[0007]About temperature distribution  $\Delta T$  of a medium, in order to attain the equalization,

even if it controls how, it is assumed that about  $\Delta T = 0.01$  temperature distribution exists. Therefore, image formation wavefront aberration  $\Delta F$  is  $\Delta F = L \cdot |N| \cdot 0.01$  at least....

(1a)

\*\*\*\* exists.  $N$  is the value which expressed a temperature coefficient of a refractive index with a  $1/^\circ\text{C}$  unit here.

[0008] Values of the temperature coefficient  $N$  of a refractive index differ greatly with a fluid and a gas, for example, with air, to being  $N = -9 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ , in the case of water, it is  $N = -8 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$ , and there are more nearly 100 differences. On the other hand, although the working distance  $L$  of a projection optical system of a reduced-projection-exposure device is usually  $L > 10$  mm, though it is  $L = 10$  mm, image formation wavefront aberration  $\Delta F$  of the working distance is as follows.

Air:  $\Delta F = 10 \text{ mm} \cdot |-9 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}| \cdot 0.01 = 0.09 \text{ nm}$  Water:  $\Delta F = 10 \text{ mm} \cdot |-8 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}| \cdot 0.01$

$= 8.0 \text{ nm}$  [0009] However, generally,  $1/30$  or less of the exposure wavelength  $\lambda$  is desirable, namely, image formation wavefront aberration  $\Delta F$  is  $\Delta F < \lambda/30$ . -- -- (2)

\*\*\*\*\* (ing) is preferred. For example,  $\Delta F < 6.4 \text{ nm}$  is desirable when using an ArF excimer laser with a wavelength of 193 nm as exposing light. When a medium which fills working distance is water, at  $L > 10$  mm, it turns out like conventional technology that an yield of an image formation wavefront aberration according the working distance  $L$  to temperature distribution of a medium is too large, and a problem is produced practically.

[0010] (1a) A formula and (2) types to  $L < \lambda/30$  ( $0.3 \cdot |N|$ ) .... (3)

\*\*\*\*\*. Therefore, by filling (3) types, an immersion photolithography system which carries a projection optical system by which a wavefront aberration yield produced according to temperature distribution in immersion liquid on a temperature stability (temperature distribution) realizable basis was stopped by  $1/30$  or less of an exposure wavelength is obtained. In this invention, a wave front aberration amount generated because exposing light passes through inside of a medium with temperature distribution is easing a demand to temperature distribution by preparing light path length a maximum paying attention to being dependent on a product of light path length in the amount of temperature distribution, and a medium as mentioned above. Practical use can be presented with an immersion photolithography system under a temperature control of immersion liquid in a level realizable by this.

[0011]

[Embodiment of the Invention] Some suitable examples for this invention are described below.

[0012]

[Explanation of the 1st example] Drawing 1 is shown and the entire configuration of the projection aligner by the 1st example of this invention here, in the both sides by the side of an object and an image -- a call -- via reduction projection lens system PL which has the circular

image field constituted centric, The projection aligner of the lens scanning method which carries out the relatively scan of the wafer W to the reticle R to projection lens system PL is shown projecting the circuit pattern on the reticle R on semiconductor wafer W. The source of ArF excimer laser light to which the illumination system 10 emits pulsed light with a wavelength of 193 nm in drawing 1 (un-illustrating), The beam expander which operates the sectional shape of the pulsed light from the light source orthopedically (un-illustrating), Optical integrators, such as a fly eye lens which enter the pulsed light operated orthopedically and generates secondary light source images (meeting of two or more point light sources) (un-illustrating), The condensing lens system which makes pulsed light from the secondary light source image the pulse illumination light of uniform illuminance distribution (un-illustrating), The reticle blind which operates the shape of the pulse illumination light orthopedically to rectangular shape long in the direction (the direction of X) which intersected perpendicularly with the scanning direction at the time of scanning exposure (the direction of Y) (it and) [lighting-field-] The relay optical system (un-illustrating) for collaborating with the condenser-lens system 12 in drawing 1 and the mirror 14, and carrying out image formation of un-illustrating and the pulsed light IL from the opening of the rectangular shape of the reticle blind on the reticle R as the illuminated field A.I. Artificial Intelligence of slit shape or rectangular shape is included.

[0013]Vacuum absorption (depending on the case, they are electrostatic adsorption and machinery conclusion) of the reticle R is carried out in the direction of one dimension on the movable uniform reticle stage 16 by the big stroke at the time of scanning exposure. The reticle stage 16 is guided so that scanning movement of the column structure object 19 top of a device main frame may be carried out to the right and left (the direction of Y) in a figure in drawing 1, and it is guided so that it may move also in the direction (the direction of X) vertical to the space of a figure. The coordinates position and minute rotation in the XY plane of the reticle stage 16 project a laser beam on the moving mirror (a plane mirror and a corner mirror) MRr attached to a part of reticle stage 16, and are measured one by one by the laser interferometer system 17 which receives the reflective beam. And the reticle stage controller 20 controls the motors 18, such as a linear motor for driving the reticle stage 16 based on the XY-coordinates position measured by the interferometer systems 17, and a voice coil, Movement of the scanning direction of the reticle stage 16 and movement of a non-scanning direction are controlled.

[0014]Now, if pulse illumination-light IL of the rectangular shape ejected from the condenser-lens system 12 and the mirror 14 irradiates with a part of circuit pattern region on the reticle R, The image formation light flux from the pattern which exists in the illuminated field A.I. Artificial Intelligence lets 1 4 time the reduction projection lens system PL pass, and image formation projection is carried out at the sensitive regist layer applied to the surface of the wafer W. The

optic axis AX of the projection lens system PL passes along the central point of a circular image field, and it is arranged so that each optic axis of the illumination system 10 and the condenser-lens system 12 may turn into the same axle. Projection lens system PL comprises a lens element of two or more sheets made from two kinds of material, quartz and a fluorite, which has high transmissivity to ultraviolet rays with a wavelength of 193 nm, and a fluorite is used for the lens element which mainly has positive power. The inside of the body tube which furthermore fixes the lens element of two or more sheets of projection lens system PL is replaced by nitrogen gas, in order to avoid absorption by oxygen of the pulse illumination light with a wavelength of 193 nm. Substitution by such nitrogen gas is similarly performed to the optical path from the inside of the illumination system 10 to the condenser-lens system 12 (or mirror 14).

[0015]By the way, the wafer W is held on the holder table WH which adsorbs the rear face. The wall LB is formed in the whole peripheral part of this holder table WH in fixed height, and fluid LQ is filled with the predetermined depth inside this wall LB. And vacuum absorption of the wafer W is carried out to the hollow portion of the inner bottom of the holder table WH. The annular auxiliary plate part HRS which encloses the periphery of the wafer W by predetermined width is formed around the inner bottom of the holder table WH. It is determined that the height of the surface of this auxiliary plate part HRS is mostly in agreement with the height of the surface of the standard wafer W which adsorbed on the holder table WH.

[0016]The main functions of this auxiliary plate part HRS are used as a focal detecting face of substitution of a case so that the detecting point of a focal leveling sensor may be located in the outside of the outside edge of the wafer W. The calibration of the alignment sensor used when the auxiliary plate part HRS carries out alignment of the shot region on the wafer W, and the circuit pattern on the reticle R relatively, It can use also calibration of the focal leveling sensor used when carrying out scanning exposure of the shot region. However, it is more desirable to use for the calibration of an alignment sensor or a focal leveling sensor the auxiliary plate part HRS and the reference mark board for exclusive use formed individually. In this case, it will be attached on the holder table WH so that a reference mark board may also become the almost same height as the projection image side of projection lens system PL by an immersion state, and an alignment sensor will detect various kinds of reference marks formed on the reference mark board by an immersion state. An example of the method of carrying out the calibration of the system offset of a focus sensor using the reference mark board on a table, For example, it is indicated by the U.S. Pat. No. 4,650,983 item, and an example of the calibration method of various alignment sensors is indicated by the U.S. Pat. No. 5,243,195 item, for example.

[0017]By the way, since the tip part of projection lens system PL is soaked in fluid LQ in this example as shown in drawing 1, the tip part at least has the structure where it is waterproofed



and a fluid does not sink in in a body tube. The undersurface (opposed face with the wafer W) of the lens element at the tip of projection lens system PL is processed into a flat surface or the convex whose curvature radius is very large, and, thereby, can make smooth the flow of fluid LQ produced between the undersurface of a lens element, and the surface of the wafer W at the time of scanning exposure. Although this example furthermore explains in detail later, the best image formation face (reticle conjugate side) of projection lens system PL in an immersion state is designed so that it may be formed in an about 2-1-mm position from the undersurface of the lens element at a tip. Therefore, while the thickness of the liquid layer formed between the undersurface of the lens element at a tip and the surface of the wafer W is also set to about 2-1 mm and the control precision of the temperature control of fluid LQ is eased by this, it becomes possible to also suppress generating of the temperature distribution nonuniformity in the liquid layer.

[0018]Now, the holder table WH is attached on XY stage 34 so that advancing-side-by-side movement (it moves slightly with rough movement in this example) to the Z direction in alignment with the optic axis AX of projection lens system PL and the inclination slight movement to an XY plane vertical to the optic axis AX may be possible. This XY stage 34 carries out two-dimensional movement of the base surface plate 30 top in an XY direction, and the holder table WH is attached via the three actuators 32A, 32B, and 32C for Z directions on XY stage 34. Each actuator 32A, B, and C comprise a piezo elastic element, a voice coil motor, a DC motor, a combination mechanism of a lift cam, etc. And if only the same quantity makes a Z direction drive three Z actuators, Parallel translation of the holder table WH can be carried out to a Z direction (focusing direction), and if only a mutually different quantity makes a Z direction drive three Z actuators, the inclination (tilt) direction and quantity of the holder table WH can be adjusted.

[0019]Two-dimensional movement of XY stage 34 is performed by the drive motor 36 which comprises a linear motor etc. which are made to generate a thrust in the DC motor made to rotate a feed screw or non-contact. Control of this drive motor 36 is performed by the wafer stage controller 35 which inputs the measurement coordinates position from the laser interferometer 33 which measures each position change of the direction of X of the reflector of the moving mirror MRw fixed to the end of the holder table WH, and the direction of Y. As an entire configuration of XY stage 34 which used the drive motor 36 as the linear motor, the composition indicated by JP,8-233964,A, for example may be used.

[0020]Now, in this example, the working distance of projection lens system PL is small, Since fluid LQ is filled at the about 2-1-mm narrow interval between the lens element at the tip of projection lens PL, and the wafer W, it is difficult to project aslant the floodlighting beam of the focus sensor of an oblique incidence light method on the wafer surface corresponding to the projection view field of projection lens system PL. As this example shows to drawing 1 For this

reason, the focal leveling detection system of an off-axis method (method which does not have a focal detecting point to projection view Nouchi of projection lens system PL), Focal alignment sensor FAD including the mark detection system which detects the mark for the alignment on the wafer W by an off-axis method is arranged on the outskirts of a lower end part of the body tube of projection lens system PL.

[0021]The undersurface of the optical elements (a lens, a glass plate, prism, etc.) attached at the tip of this focal alignment sensor FAD, As shown in drawing 1, it is arranged in fluid LQ, and from the optical element, the illumination beam for alignment and the beam for focal detection are irradiated on the surface of the wafer W (or auxiliary plate part HRS) through fluid LQ. And a focal leveling detection system outputs the focusing signal Sf corresponding to the position error over the best image formation face of the surface of the wafer W, and a mark detection system analyzes the photoelectric signal corresponding to the optical feature of the mark on the wafer W, The alignment signal Sa showing the XY position or the amount of position gaps of a mark is outputted.

[0022]And the above focusing signal Sf and alignment signal Sa are sent out to the main controller 40, and the main controller 40 sends out the information for driving each of the three Z actuators 32A, B, and C the optimal based on the focusing signal Sf to the wafer stage controller 35. The wafer stage controller 35 controls the Z actuators 32A each, B, and C by this so that the focus adjustment and tilt adjustment to the field which should be projected on the actual condition on the wafer W are performed.

[0023]The main controller 40 manages the coordinates position of XY stage 34 for adjusting the relative physical relationship of the reticle R and the wafer W based on the alignment signal Sa. Furthermore, when the main controller 40 carries out scanning exposure of each shot region on the wafer W, as the reticle R and the wafer W carry out uniform movement with a velocity ratio equal to the projecting magnification of projection lens system PL in the direction of Y, it carries out synchronous control of the reticle stage controller 20 and the wafer stage controller 35.

[0024]Focal alignment sensor FAD in drawing 1 is good to provide in two places in the direction of Y, and to provide in two places a total of four in the direction of X on both sides of the tip part of projection lens system PL, although only one place of the tip part circumference of projection lens system PL is provided. The mark for alignment formed above the reticle R in drawing 1 at the periphery of the reticle R and the mark for the alignment on the wafer W (or reference mark on a reference mark board) are simultaneously detected through projection lens system PL, The alignment sensor 45 of the TTR (SURUZA reticle) method which measures the position gap with the reticle R and the wafer W with high precision is formed. And the position gap measurement signal from this TTR alignment sensor 45 is sent out to the main controller 40, and is used for positioning of the reticle stage 16 or XY stage 34.

[0025]By the way, although the exposure device of drawing 1 makes uniform movement of XY stage 34 carry out in the direction of Y and performs scanning exposure, it explains the reticle R at the time of the scanning exposure, and the schedule of the scanning movement of the wafer W, and step moving with reference to drawing 2. In drawing 2, projection lens system PL in drawing 1 is typically expressed with the pre-group lens system LGa and the rear group lens system LGb, and the exit pupil Ep of projection lens system PL exists between the pre-group lens system LGa and rear group lens system LGb. Circuit pattern region Pa which has bigger diagonal length than the diameter dimension of the circular image field by the side of the object of projection lens system PL in the reticle R shown in drawing 2 is formed in the inside divided by protection-from-light belt SB.

[0026]And scanning exposure of field Pa on the reticle R is carried out to the corresponding shot region SAa on the wafer W in the reticle R by carrying out scanning movement of the wafer W with the constant speed Vw for Masakata in alignment with a Y-axis, making the negative direction in alignment with a Y-axis carry out scanning movement with the constant speed Vr. At this time, the field A.I. Artificial Intelligence of pulse illumination-light IL which illuminates the reticle R is set as the parallel slit shape or rectangular shape extended in the direction of X within field Pa on reticle, as shown in drawing 2, and the both ends of that direction of X are located on protection-from-light belt SB.

[0027]Now, image formation of the pattern division contained in the pulsed light illuminated field A.I. Artificial Intelligence in field Pa on the reticle R is carried out to the corresponding position in the shot region SAa on the wafer W by projection lens system PL (the lens system LGa, LGb) as image SI. And completion of the relatively scan of pattern space Pa on the reticle R and the shot region SAa on the wafer W will carry out step moving only of the constant rate in the direction of Y so that the wafer W may come to the scan start position to the shot region SAb of the next door of the shot region SAa. The exposure of pulse illumination-light IL is interrupted between this step moving. Next, so that scanning exposure of the image of the pattern in field Pa of the reticle R may be carried out to the shot region SAb on the wafer W, The pattern image of an electronic circuit is formed on the shot region SAb by moving the wafer W to the negative direction of a Y-axis with the constant speed Vw to projection image SI, moving the reticle R with the constant speed Vr for of a Y-axis Masakata to the pulsed light illuminated field A.I. Artificial Intelligence. A technical example which uses the pulsed light from an excimer laser for scanning exposure is indicated by the U.S. Pat. No. 4,924,257 item, for example.

[0028]By the way, when drawing 1 and the projection aligner shown in 2 have the diagonal length of the circuit pattern region on the reticle R smaller than the diameter of the circular image field of projection lens system PL, If the shape and the size of an opening of a reticle blind within the illumination system 10 are changed and the shape of the illuminated field A.I.

Artificial Intelligence is doubled with the circuit pattern region, the device of drawing 1 can be used as a stepper of a step-and-repeat method. In this case, while exposing the shot region on the wafer W, the reticle stage 16 and XY stage 34 are relatively made into the state of rest. However, what is necessary is just to carry out the fine driving control of the reticle stage 16 so that the slight movement may be measured by the laser interferometer system 33 and flattery amendment of the part for the minute position gap of the wafer W to projection lens system PL may be carried out by the reticle R side when the wafer W moves slightly during the exposure. When changing the shape and the size of an opening of a reticle blind, a zoom lens system which is centralized on the range corresponding to the opening after adjusting the pulsed light from the light source which reaches a reticle blind to compensate for change of aperture shape or size may be established.

[0029]To the hand of cut of scanning exposure of the circumference of a Y-axis, i.e., the direction, since the field of projection image SI is set as the slit shape or rectangular shape prolonged in the direction of X from drawing 2, tilt adjustment under scanning exposure is chiefly performed only to rolling directions by this example. Of course, the width of the scanning direction of the field of projection image SI is large, and if it is \*\*\*\*\* in consideration of the influence of the flatness about the scanning direction of a wafer surface, when there is nothing, naturally tilt adjustment of the hand of cut of the circumference of the X-axis, i.e., a pitching direction, is also performed during scanning exposure.

[0030]Here, the state of fluid LQ in the holder table WH which is the feature of the exposure device by this example is explained with reference to drawing 3. Drawing 3 expresses the partial section from the tip part of projection lens system PL to the holder table WH. Positive lens element LE1 of the convex is being fixed the undersurface Pe at the tip in the body tube of projection lens system PL for the upper surface at the flat surface. The undersurface Pe of this lens element LE1 is processed so that it may become the end face of the tip part of body tube hardware, and the same field (flash plate surface processing), and it is suppressing that the flow of fluid LQ is confused. Chamfering work of the outer peripheral angular part 114 furthermore soaked in fluid LQ by the body tube tip part of projection lens system PL is carried out with big curvature, for example like drawing 3, and it makes resistance to the flow of fluid LQ small, and suppresses generating and the turbulent flow of an unnecessary eddy. The projecting adsorption face 113 of the plurality which carries out vacuum absorption of the rear face of the wafer W is formed in the center of the inner bottom of the holder table WH, and it is \*\*. This adsorption face 113 is specifically made from a height of about 1 mm as two or more zona-orbicularis-like lands formed in the diameter direction of the wafer W in the predetermined pitch at concentric circle shape. And each of the slot engraved in the center of each zona-orbicularis-like land has led to the piping 112 connected to the vacuum source for vacuum absorption inside the table WH.

[0031] Now, in this example, as shown in drawing 3, the interval  $L$  in the best focus condition of the undersurface  $Pe$  of lens element  $LE1$  at the tip of projection lens system  $PL$  and the surface of the wafer  $W$  (or auxiliary plate part  $HRS$ ) is set as about 2-1 mm. Therefore, the depth  $Hq$  of fluid  $LQ$  filled in the holder table  $WH$  is just about 2 to 3 or more times to the interval  $L$ , therefore several millimeters - about 10 mm of the height of the wall  $LB$  set up around the holder table  $WH$  may be sufficient. Thus, the interval  $L$  as working distance of projection lens system  $PL$  is written very small, and there are also few total amounts of fluid  $LQ$  filled in the holder table  $WH$ , it ends with this example, and temperature control also becomes easy.

[0032] Pure water with easy acquisition and easy handling is used for fluid  $LQ$  used by this example here. However, in this example, while decreasing the surface tension of fluid  $LQ$ , in order to increase surfactant potency, the additive agent (fluid) of an aliphatic series system which is not made to dissolve the resist layer of the wafer  $W$ , and influence on the optical coat of the undersurface  $Pe$  of a lens element can disregard is added at few rate. The methyl alcohol etc. which have a refractive index almost equal to pure water as the additive agent are preferred. If it does in this way, even if the methyl alcohol ingredient in pure water evaporates and content concentration changes, the advantage that the refractive index change as whole fluid  $LQ$  can be made very small will be acquired.

[0033] Now, although the temperature of fluid  $LQ$  is controlled by fixed accuracy to a certain target temperature, the accuracy which can carry out temperature control comparatively now easily is about  $\pm 0.01$ . Then, the realistic dipping projection under such temperature control accuracy is considered. general -- temperature coefficient  $N_a$  of the refractive index of air -- about -- it is  $-9 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$  -- temperature coefficient  $N_q$  of the refractive index of water -- about -- it is  $-8 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$  and the temperature coefficient  $N_q$  of the refractive index of water is larger about double figures. On the other hand, when working distance is set to  $L$ , wave front aberration amount  $\Delta F$  of the image formation which originates in amount  $\Delta T$  of temperature changes (temperature unevenness) of the medium which fills the working distance  $L$ , and is produced is approximately expressed with a following formula.

$\Delta F = L \Delta N$  [0034] Here, in the case of the ordinary projection exposure which does not apply dipping projection, about the working distance  $L$ , when 10 mm and temperature variation amount  $\Delta T$  are 0.01, wave front aberration amount  $\Delta F_{\text{air}}$  is as follows.

$\Delta F_{\text{air}} = L \Delta N_a$  -- wave front aberration amount  $\Delta F_{\text{iq}}$  obtained under the working distance  $L$  in which  $\Delta T = 0.09$  nm is the same again, and temperature variation amount  $\Delta T$  when dipping projection is applied is as follows.

$\Delta F_{\text{iq}} = L \Delta N_q$ , and  $\Delta T = 8$  nm [0035] Since this wave front aberration amount is generally

made desirable [ about  $1/30$  of the using wavelength  $\lambda$  or  $1/50$  to  $1/100$  ], The greatest wave front aberration amount  $\Delta F_{\max}$  permitted when an ArF excimer laser is used is provided in 6.43  $\lambda$  about  $\lambda/30$  or  $\lambda/50 - 100$  ], or 3.86-1.93 nm, and is desirably provided in  $\lambda/100$  of 1.93 nm or less. By the way, each thermal conductivity at 0 °C of air and water, It becomes 0.0241 W/mK with air and becomes 0.561 W/mK with water, and water of heat conduction is better, it can do smaller than it in the air, and the temperature unevenness within the optical path formed underwater can also make small fluctuation of the refractive index generated in a fluid as a result. However, as expressed to the formula (3), when the working distance L is about 10 mm, even if temperature variation amount  $\Delta T$  is 0.01 °C, wave front aberration amount  $\Delta F_{\text{lg}}$  to generate will exceed allowable aberration amount  $\Delta F_{\max}$  greatly.

[0036] Then, the relation of temperature variation amount  $\Delta T$  and the working distance L in consideration of allowable wave front aberration amount  $\Delta F_{\max}$  is set to

$\Delta F_{\max} = \lambda/30 > L \cdot |N_q| \cdot \Delta T$ , or  $\Delta F_{\max} = \lambda/100 > L \cdot |N_q|$  and  $\Delta T$  from the above consideration. Here, if temperature variation amount  $\Delta T$  assumed shall be 0.01 and refractive index variation  $N_q$  of 193 nm and fluid LQ is made into  $-8 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$  for the wavelength  $\lambda$ , the working distance (thickness of a liquid layer) L needed will be set to 8 mm or 2.4 mm or less. It is better for fluid LQ to make the working distance L smaller than 2 mm desirably within limits which flow smoothly. While the temperature control of fluid LQ becomes easy by constituting like this example as mentioned above, degradation of the projection image produced in the wavefront aberration change resulting from the temperature change in a liquid layer is suppressed, and it becomes possible to carry out projection exposure of the pattern of the reticle R by very high resolution.

[0037]

[Explanation of the 2nd example] Next, the 2nd example of this invention is described with reference to drawing 4. This example shows the temperature control method of applicable fluid LQ, and operating of fluid LQ at the time of exchange of the wafer W also like the 1st previous example. Therefore, the same numerals are attached to previous drawing 1 and the same thing as the member in three in drawing 4. Now, two or more adsorption faces 113 are formed in the wafer placing part formed in the inner bottom of the holder table WH as a circular crevice in drawing 4. And the slot 51 used for supply and discharge of fluid LQ is formed around a circular wafer placing part annularly, and a part of the slot 51 is connected with the external pipe 53 via the passage 52 formed in the table WH. Directly under directly under of the wafer placing part in the holder table WH, and the auxiliary plate part HRS, The temperature regulators 50A and 50B, such as a Peltier device, are embedded, the thermo sensor 55 is

attached to the suitable position (desirably two or more places) on the holder table WH, and the temperature of fluid LQ is detected precisely. And the temperature regulators 50A and 50B are controlled by the controller 60 so that the temperature of fluid LQ detected by the thermo sensor 55 becomes constant value.

[0038]On the other hand, the pipe 53 is connected to the fluid supply unit 64 and the drainage pump 66 via the change valve 62. The change valve 62 answers the instructions from the controller 60, and it operates so that the channel which supplies fluid LQ from the fluid supply unit 64 to the pipe 53, and the channel which returns fluid LQ from the pipe 53 to the supply unit 64 via the drainage pump 66 may be changed. In the supply unit 64, the reserve tank (un-illustrating) which can accommodate whole fluid LQ on the holder table WH, the pump 64A which supplies fluid LQ from this tank, and the thermoregulator 64B which maintains whole fluid LQ in a tank including that pump 64A at a fixed temperature are formed. Furthermore in the above composition, each operation of the valve 62, the pump 64A, the thermoregulator 64B, and the drainage pump 66 is controlled by the controller 60 in generalization.

[0039]Now, in such composition, if it is laid on two or more adsorption faces 113 where PURIFICATION the wafer W conveyed and on the placing part of the holder table WH, decompression immobilization will be carried out via the piping 112 for vacuum absorption shown in drawing 3. In the meantime, it is being continued by controlling the temperature regulators 50A and 50B the temperature used as a target. And when the vacuum absorption of the wafer W is completed, the change valve 62 changes from a close position to the supply unit 64 side, and fluid LQ by which the temperature control was carried out by the operation of the pump 64A. Only a constant rate is injected into the inside of the wall LB of the holder table WH via the pipe 53, the passage 52, and the slot 51, and the change valve 62 returns to a close position. Then, shortly after the exposure to the wafer W is completed, the change valve 62 changes from a close position to the drainage-pump 66 side, and is returned in the reserve tank of the supply unit 64 via the fluid LQ fang furrow 51 on the table WH, and the pipe 53 by the operation of the drainage pump 66. Based on the detecting signal from the thermo sensor in a reserve tank, temperature control of it is precisely carried out with the thermoregulator 64B until fluid LQ returned in the tank can prepare the following wafer.

[0040]Thus, since according to this example temperature control of fluid LQ under immersion exposure was carried out by the temperature regulators 50A and 50B in the holder table WH, it collects in the supply unit 64 during wafer changing operation and it was made to carry out temperature control of fluid LQ. While wafer exchange is attained in the atmosphere, there is an advantage referred to as being able to prevent the big temperature change of fluid LQ. Furthermore according to this example, fluid LQ poured into the holder table WH after wafer exchange, receiving preset temperature even if -- it is small (for example, about 0.5 ) -- though it differs, since the depth Hq (refer to drawing 3) of a liquid layer is shallow generally

and preset temperature may be reached comparatively early, time to wait for temperature stability may also be shortened.

[0041]

[Explanation of the 3rd example] Next, the 3rd example is described with reference to drawing 5. Drawing 5 expresses the partial section of the holder table WH which improved the composition of previous drawing 3, and the holder table WH of this example, It has separated on the wafer chuck 90 holding the wafer W, and the ZL stage 82 which performs Z direction movement for focal leveling, and tilt movement, and the wafer chuck 90 is laid on the ZL stage 82. And the ZL stage 82 is formed on XY stage 34 via the three Z actuators 32A and 32C (32B omits). And the passages 53A and 53B connected to the wall LB, the auxiliary plate part HRS, the piping 112 for vacuum absorption, supply of fluid LQ, and the pipe 53 (refer to drawing 4) for discharge are formed in the zipper 90 like drawing 1, and 3 and 4, respectively. However, the passage 53A is connected with the peripheral part of the auxiliary plate part HRS of wafer chuck 90 inside, and the passage 53B is connected with the lowest portion of the wafer placing part of wafer chuck 90 inner bottom. Thus, formation of the passage for fluid discharge and pouring in the wafer chuck 90 to two or more places will perform receipts and payments of a fluid promptly.

[0042]Furthermore, by this example, the three breakthroughs (two are illustrated) 91 are formed in the center section of the zipper 90, and the three center rise pins (two are illustrated) 83 which move up and down through this breakthrough 91 are formed on the up-and-down motion drive mechanism 85. Besides, the downward moving drive mechanism 85 is fixed to the XY stage 34 side. Only a constant rate lifts the wafer W on the zipper 90 from a mounting surface at the time of wafer exchange, or the three center rise pins 83. It is for taking down the wafer W on a mounting surface, and where vacuum absorption of the wafer W is carried out to the mounting surface of the zipper 90, as shown in drawing 5, the apical surface of the center rise pin 83 is set as the position which fell rather than the mounting surface of the zipper 90.

[0043]On the other hand, it is constituted by the tip part of projection lens system PL used by this example so that parallel plate CG of the quartz fixed at right angles to the optic axis AX may be attached at the tip of the sub mirror pipe 80, therefore lens element LE1 (planoconvex lens) of a tip may not be soaked in fluid LQ. In this example, the interval of the undersurface of this parallel plate CG and the surface of the wafer W serves as working distance on appearance, and is set as 2 mm or less like a previous example. The installing surface with parallel plate CG of the sub mirror pipe 80 is waterproofed, and the inside of the sub mirror pipe 80 is filled up with nitrogen gas.

[0044]Thus, if parallel plate CG is provided at the tip of projection lens system PL, even if a substantial back focus distance (distance from the optical element at a tip with refracting power to the image surface) of projection lens system PL is about 10-15 mm, The dipping projection



which set working distance L to about 1-2 mm easily, and reduced the influence of the temperature change of a fluid is realizable. Since parallel plate CG can be provided by post-installation, it becomes possible by grinding a part of surface of parallel plate CG to the 1/several about order of wavelength to correct easily the local very small distortion aberration (or random distortion) produced within the projection image. That is, parallel plate CG will combine the function as a window which protects the latest lens element of projection lens system PL from a fluid, and the function as a distortion correction board. Since the image formation performances of projection lens system PL including parallel plate CG are guaranteed if another view is carried out, there is no change in parallel plate CG being the latest optical element of projection lens system PL.

[0045]

[Explanation of the 4th example] Next, the 4th example of this invention is described with reference to drawing 6. This example is connected also with the example shown in previous drawing 5, and is related with the wafer exchange at the time of using the projection optical system which made working distance very small for a dipping projection exposure method. In drawing 6, the reference mirror ML (the object for the directions of X and for the directions of Y) reflected in response to the beam BSr for reference from the laser interferometer 33 shown in drawing 1 is being fixed to the lower end part of the body tube of projection lens system PL. And the beam BSm for length measurement from the laser interferometer 33, It is projected by the moving mirror MRw fixed to the end of the ZL stage 82 as shown in previous drawing 5, The reflective beam returns to the laser interferometer 33, it interferes with the reflective beam of the beam BSr for reference, and the coordinates position of the reflector of the moving mirror MRw, i.e., X of the wafer W, and the coordinates position of the direction of Y are measured on the basis of the reference mirror ML. Now, also in this example, the ZL stage 82 is attached on XY stage 34 via the three Z actuators 32A and 32B (32C omits), and is movable to a Z direction and tilting directions. However, it is combined with XY stage 34 via the flat springs 84A and 84B (84C omits) at three places of the circumference of it, and the ZL stage 82 is supported so that the rigidity of the horizontal direction (inside of XY side) to XY stage 34 may become very large.

[0046] And although the wafer chuck 90 as previous drawing 5 also with same this example is formed on the ZL stage 82, A different point from drawing 5 is having made the wafer chuck 90 the composition which is comparatively alike and moves to a Z direction to the ZL stage 82 by big stroke (about 10-15 mm) with the drive mechanisms 88A and 88B of two or more Z directions. Unlike the Z actuator 32A for focal leveling, B, and C, these drive mechanisms 88A and 88B may just move the wafer chuck 90 among the both ends of that stroke, and the easy elevation function using an air cylinder, a link mechanism, etc. may be sufficient as them. Furthermore in the example of drawing 6, it is being fixed, without the center rise pin 83 shown

in previous drawing 5 moving up and down on XY stage 34. And after the wafer chuck 90 has gone up most like drawing 6, The surface of the wafer W was set as about 1-2 mm from the field of the optical element at the tip of projection lens system PL, and the apical surface of the center rise pin 83 has fallen to the down side (about 2-3 mm) more slightly than the wafer mounting surface of the wafer chuck 90.

[0047]With the above composition, drawing 6 will discharge fluid LQ on the wafer chuck 90 temporarily by discharge operation of fluid LQ shown in previous drawing 4, if the state at the time of the exposure operation to the wafer W is expressed and the exposure operation is completed. Then, if the vacuum absorption of the wafer chuck 90 is canceled, the drive mechanisms 88A and 88B will be operated, and the wafer chuck 90 will be brought down at the bottom from the position of drawing 6. While the wafer W is again carried by this on three apical surfaces of the center rise pin 83, It is positioned so that the upper bed side of the wall LB of the wafer chuck 90 circumference may become lower than the apical surface (the inside of drawing 3 the inside of the undersurface Pe of lens element LE1, and drawing 5 undersurface of parallel plate CG) of projection lens system PL. If XY stage 34 is moved to a wafer exchanging position in the state, the wafer W will be pulled out from directly under of projection lens system PL, and will move to the direction of the arm 95 for conveyance. It is in the state set as height which becomes lower than the wafer W on the center rise pin 83 more highly than the upper bed side of the wall LB of the wafer chuck 90 at this time as for the arm 95, and enters into the wafer W bottom. And the arm 90 performs vacuum absorption, lifting the wafer W slightly upward, and conveys the wafer W towards a predetermined unloading position. Carrying in of the wafer W is performed completely contrary to the above sequence.

[0048]By the way, since the pool of fluid LQ spreads out directly under the optical path of the reference beam BSr in the case of the method that the laser interferometer 33 projects the reference beam BSr on the reference mirror ML of projection lens system PL as shown in drawing 6, It is possible to give fluctuation to the optical path of the reference beam BSr by rise of the saturated vapor of the fluid LQ. So, in this example, the cover plate 87 is arranged between the optical path of the reference beam BSr, and fluid LQ, and the fluctuation which intercepts the vapor stream which goes up from fluid LQ, and is generated in the optical path of the reference beam BSr is prevented.

[0049]The upper space of the cover plate 87 may be ventilated in the pure air by which temperature control was carried out in the direction which intersects an optical path, in order to make the optical path of the reference beam BSr stability more. In this case, the cover plate 87 will be provided also with the function to prevent the air for optical-path air conditioning from spraying on fluid LQ directly, and can reduce unnecessary evaporation of fluid LQ. It may replace with the mere cover plate 87, and the whole optical path of the reference beam BSr may be made wrap composition with a windshield tube.

[0050]

[Explanation of the 5th example] Next, the 5th example of this invention is described with reference to drawing 7 (A) and (B). This example combines the center rise mechanism (the pin 83, the Z actuator 85) shown in drawing 5 with the structure of the holder table WH shown in previous drawing 1, and it improves the holder table WH so that wafer exchange may be simplified. And drawing 7 (B) expresses the flat surface of the improved holder table WH, and drawing 7 (A) expresses the section of 7A view in drawing 7 (B). From the drawing 7 (A) and (B), the holder table WH is held via the three Z actuators 32A and 32C (32B omits) on XY stage 34, and the three breakthroughs 91 are formed near the center of the holder table WH so that it may understand. In this breakthrough 91, the center rise pin 83 which moves up and down by the actuator 85 passes.

[0051]As explained also in advance, the height of the lowermost end side of projection lens system PL is separated from the surface of the auxiliary plate part HRS (wafer W) only about 2 mm as it is. The upper bed of the wall LB furthermore provided around the holder table WH is higher than the lowermost end side of projection lens system PL. Therefore, when it constitutes so that XY stage 34 may be moved as it is for wafer exchange and a wafer may be pulled out from directly under [ of projection lens system PL , The body tube of projection lens system PL will be diameter dimension grade needed, and a part of width of the auxiliary plate part HRS will enlarge content volume of the holder table WH in which fluid LQ is poured in.

[0052]So, in this example, as shown in drawing 7, a part of wall LB of the holder table WH was cut and lacked, and the fluid-tight door section DB which can be opened and closed freely there was formed. While fluid LQ is poured in, this fluid-tight door section DB has always closed the notch section of the wall LB in the state of fluid-tight, as shown in drawing 7 (A) and (B), and if fluid LQ is discharged from the holder table WH, it will open it like the dashed line in drawing 7 (A). The fluid-tight door section DB is set up in the state where it opened become low a little rather than the height of the surface of the auxiliary plate part HRS. O ring OL who ensures fluid-tight nature like drawing 7 (B) at the wall parts (notch section of the wall LB, etc.) by the side of the holder table WH main part which touches the wall of the fluid-tight door section DB is provided in the proper position.

[0053]In the above composition, when exchanging the wafer on the holder table WH, after discharging fluid LQ in the holder table WH first, the fluid-tight door section DB is opened. Then, when XY stage 34 is moved to right-hand side in drawing 7, a wafer will be pulled out from directly under [ of projection lens system PL . Projection lens system PL is located in the headroom of the fluid-tight door section DB opened exactly at this time. And a wafer is easily exchangeable, if the center rise pin 83 is raised and a wafer is lifted more highly than the wall LB.

[0054]It becomes possible to make into the minimum the diameter of the wall LB which encloses the circumference of the holder table WH according to this example, There is an advantage that the temperature controlling of fluid LQ not only becomes easy, but become possible to stop the total amount of fluid LQ filled in the holder table WH to the minimum, and the pouring exhaust time of fluid LQ becomes the minimum. At the time of the composition of said 4th example, especially since a wafer chuck descends, it is not necessary to provide a fluid-tight door section but, and in the composition of the 4th example, a fluid-tight door section may be provided still more.

[0055]

[Explanation of the 6th example Next, drawing 8 shows the 6th example of this invention, and the lower container 7 and the upper container 8 are used in this example. The wafer holder 3a which lays the wafer 3 is formed in the inner face bottom of the lower container 7, the upper surface of the lower container 7 is sealed by the bottom of the upper container 8, and the total volume of the lower container 7 is thoroughly filled by the immersion liquid 7a. The immersion liquid 8a is filled by the another side upper container 8, and the last lens side 1a of the projection optical system 1 is dipped in the immersion liquid 8a.

[0056]After being led to the thermoregulator 6 from the outlet 5 provided in the one side face of the lower container 7 and receiving temperature control in the thermoregulator 6, it circulates through some immersion liquid 7a in the lower container 7 so that it may return from the inlet 4 established in the other sides of the lower container 7 to the lower container 7. The thermo sensor (not shown) is attached to two or more [ in the lower container 7 ], and based on the output from a thermo sensor, the thermoregulator 6 is controlled so that the temperature of the immersion liquid 7a in the lower container 7 becomes fixed. The same temperature regulation mechanism is established also about the immersion liquid 8a in the upper container 8.

[0057]In this example, the wafer 3 is moved by moving the lower container 7 and the upper container 8 as one. On the other hand, since the immersion liquid in the lower container which accommodated the wafer 3 is sealed substantially, it is not only advantageous in respect of temperature stability, but it does not generate the pressure distribution by flows, such as an eddy in immersion liquid. Namely, although the pressure distribution in immersion liquid serve as fluctuation of a refractive index and cause image formation wavefront aberration aggravation, That pressure distribution become a problem in this 6th example is only the immersion liquid 8a filled by the upper container 8, and even the level which does not become a problem practically can ease the influence of the immersion liquid flow of the time of wafer movement by forming optical-path  $L_g$  of this portion short enough.

[0058]Although the lower container 7 and the upper container 8 were moved as one in this example, only the lower container 7 can be moved and the upper container 8 can also be fixed. At the time of this composition, the immersion liquid 8a in the upper container 8 will stop

thoroughly. Therefore, among the working distances  $L$ , it is more preferred than thickness  $L_8$  of the immersion liquid 8a in the upper container 8 to form thinly enough the thickness  $L_7$  of the immersion liquid 7a in the lower container 7.

[0059]

[Explanation of other modifications] As mentioned above, although each example of this invention was described, as shown in previous drawing 1, since the working distance at the time of dipping projection exposure is very as small as about 1-2 mm, focusing to the wafer W shall use focal alignment sensor FAD of an off-axis method. However, as indicated by a U.S. Pat. No. 4,801,977 item, U.S. Pat. No. 4,383,757 item, etc., for example, The focus detecting mechanism of the TTL (SURUZA lens) method which projects the beam for focal detection on a wafer via the periphery of projection view Nouchi of projection lens system PL, and measures the height position of a wafer surface or inclination may be established.

[0060] Although focal alignment sensor FAD shown in drawing 1 shall detect the alignment mark on the wafer W optically by an off-axis method, This alignment sensor is also good also as an alignment sensor of the TTL system which detects the mark on the wafer W other than the TTR alignment sensor 45 in drawing 1 which detects the mark on the wafer W through the reticle R and projection lens system PL only through projection lens system PL. Furthermore, if it has the projection optical system which carries out projection exposure under an ultraviolet-rays region (wavelength of 400 nm or less), this invention can completely be applied in a similar manner, even if it is an exposure device of what kind of composition.

[0061]

[Effect of the Invention] By this invention, the exposure device of the immersion type with which image formation performance sufficient within the limits of a realizable temperature control was guaranteed was provided as mentioned above. The structure of the wafer stage of having been suitable for loading and unloading of the wafer in an immersion photolithography system was also provided.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

### [Brief Description of the Drawings

[Drawing 1] It is a figure showing the overall composition of the scanning projection aligner by the 1st example of this invention.

[Drawing 2] It is a perspective view for explaining the sequence of scanning exposure typically.

[Drawing 3] It is a fragmentary sectional view showing the detailed composition near the projection lens system in drawing 1.

[Drawing 4] It is a block diagram showing typically the temperature control and the fluid distribution system of a fluid by the 2nd example of this invention.

[Drawing 5] It is a fragmentary sectional view showing the structure the wafer holder by the 3rd example of this invention, and near a projection lens system.

[Drawing 6] It is a fragmentary sectional view showing the structure the wafer holder by the 4th example of this invention, and near a projection lens system.

[Drawing 7] They are the (A) sectional view showing the structure of the holder table by the 5th example of this invention, and the (B) top view.

[Drawing 8] It is an outline sectional view showing the important section of the 6th example of this invention.

### [Description of Notations

- 1 -- Projection optical system 1a -- The last lens side
- 7, 8 -- Container 7a, 8a -- Immersion liquid
- 3 -- Wafer 3a -- Wafer holder
- 4 -- Inlet 5 -- Outlet
- 6 -- Thermoregulator L -- Working distance
- 10 -- Illumination system 12 -- Condenser-lens system
- 14 -- Mirror 16 -- Reticle stage
- 17 -- Laser interferometer system 18 -- Motor

19 -- Column structure object 20 -- Reticle stage controller  
30 -- Base surface plate 32A, 32B, 32C -- Actuator  
33 -- Laser interferometer system 34 -- XY stage  
35 -- Wafer stage controller 36 -- Drive motor  
40 -- Main controller 50A, 50B -- Temperature regulator  
51 -- Slot 51 52 -- Passage  
53 -- Pipe 53A, 53B -- Passage  
55 -- Thermo sensor 60 -- Controller  
62 -- Change valve 64 -- Fluid supply unit  
64A -- Pump 64B -- Thermoregulator  
66 -- Drainage pump 66 80 -- Sub mirror pipe  
82 -- ZL stage 83 -- Center rise pin  
84A, 84B -- Flat spring 85 -- Up-and-down motion drive mechanism  
87 -- Cover plate 88A, 88B -- Drive mechanism  
90 -- Wafer chuck 91 -- Breakthrough  
95 -- Arm 112 -- Piping  
113 -- Adsorption face 114 -- Outer peripheral angular part  
IL -- Pulse illumination light A.I. Artificial Intelligence -- Illuminated field  
R -- Reticle Pa -- Circuit pattern region  
SB -- Protection-from-light belt PL -- Projection lens system  
AX -- Optic axis LGa -- Pre-group lens system  
LGb -- Rear group lens system Ep -- Exit pupil  
LE1 -- Positive lens element Pe -- Undersurface  
CG -- Parallel plate W -- Wafer  
SAa, SAb -- Shot region SI -- Projection image  
WH -- Holder table LB -- Wall  
LQ -- Fluid HRS -- Auxiliary plate part  
DB -- Fluid-tight door section OL -- O ring  
FAD -- Focal alignment sensor  
MRr, MRw -- Moving mirror ML -- Reference mirror  
BSr -- Beam for reference BSm -- Beam for length measurement  
Sf -- Focusing signal Sa -- Alignment signal

---

[Translation done.]

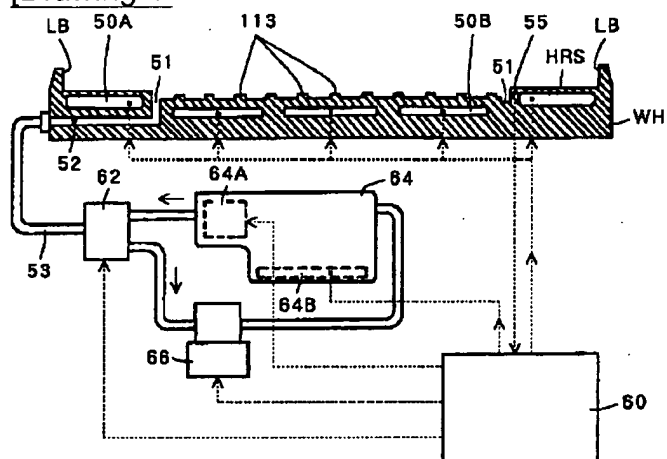
## \* NOTICES

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

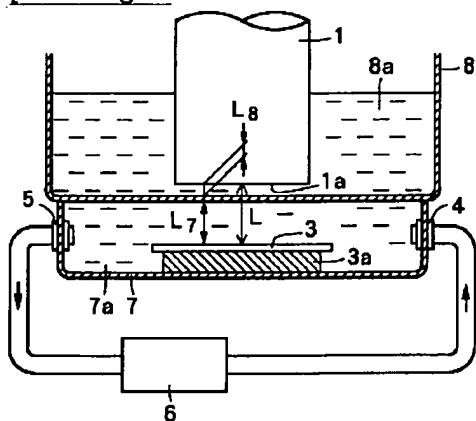
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

[Drawing 4]

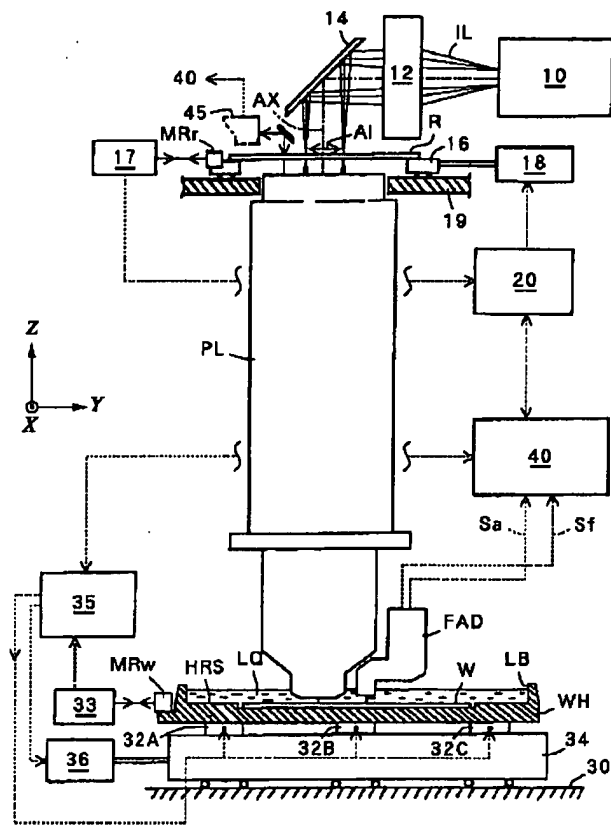


[Drawing 8]

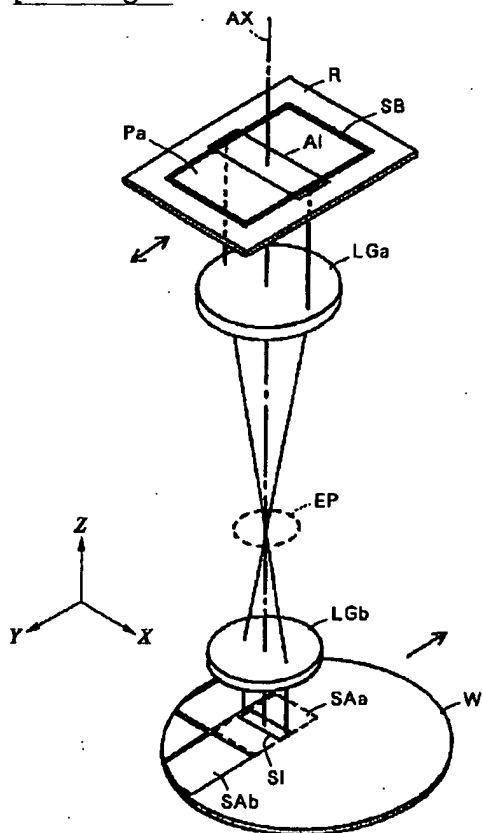


[Drawing 1]

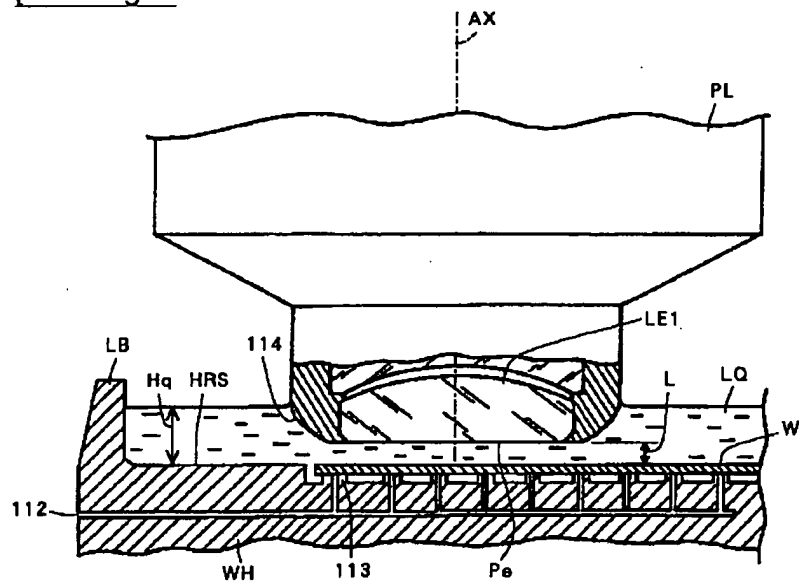




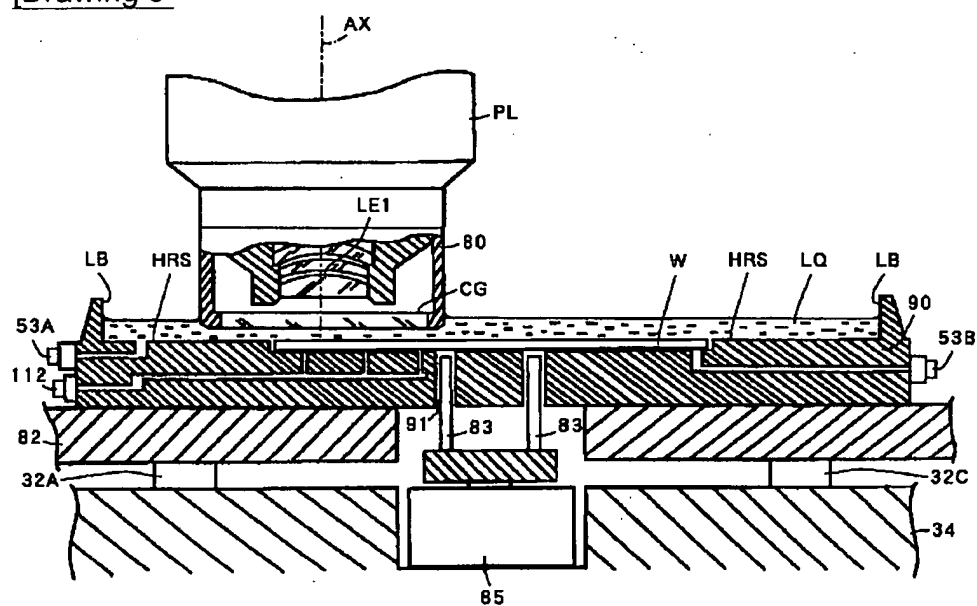
[Drawing 2]



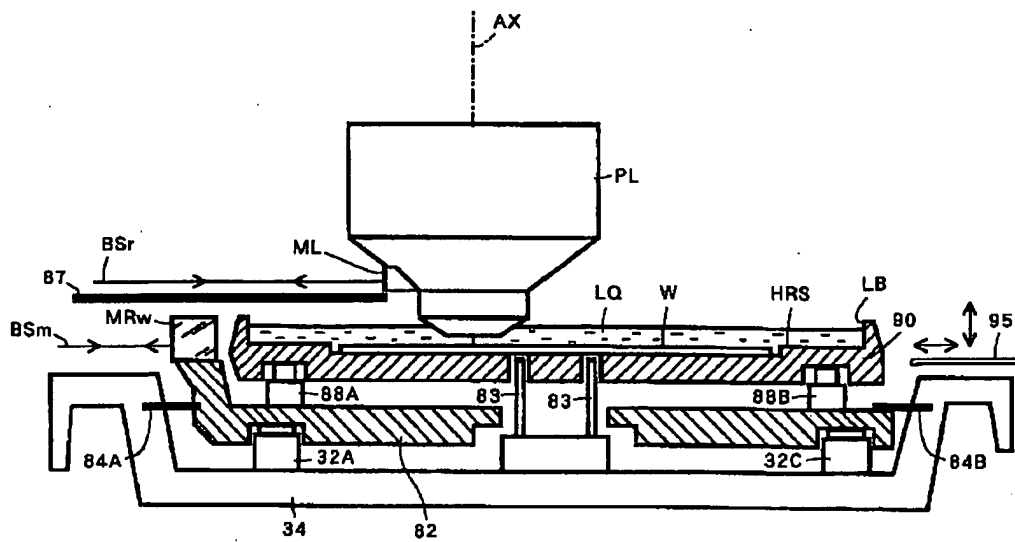
[Drawing 3]



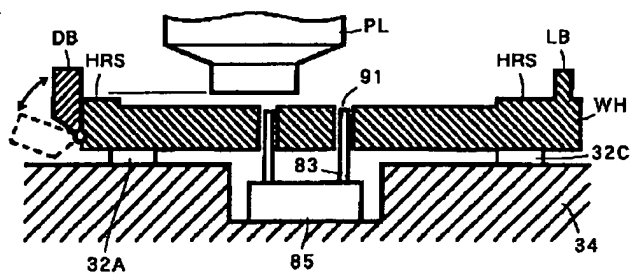
[Drawing 5]



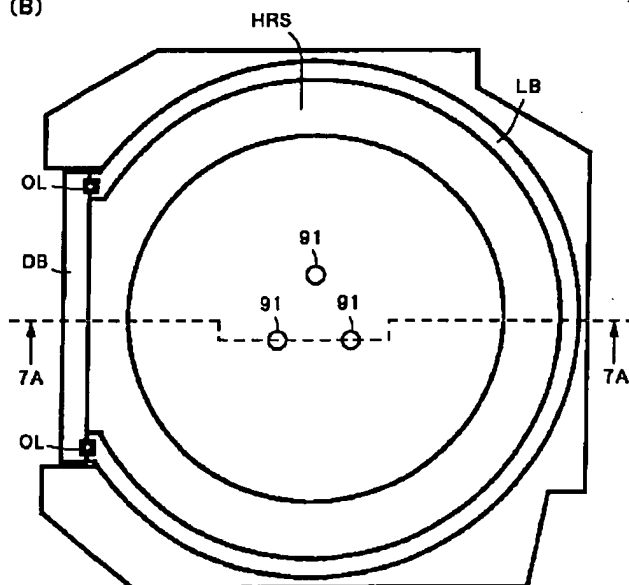
[Drawing 6]



[Drawing 7  
(A)



(B)



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-303114

(43) 公開日 平成10年(1998)11月13日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

H 0 1 L 21/027

G 0 3 F 7/20

識別記号

5 2 1

F I

H 0 1 L 21/30

G 0 3 F 7/20

H 0 1 L 21/30

5 1 5 D

5 2 1

5 1 8

審査請求 未請求 請求項の数12 F D (全 14 頁)

(21) 出願番号

特願平9-121757

(22) 出願日

平成9年(1997)4月23日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 牛田 一雄

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(72) 発明者 諏訪 恭一

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

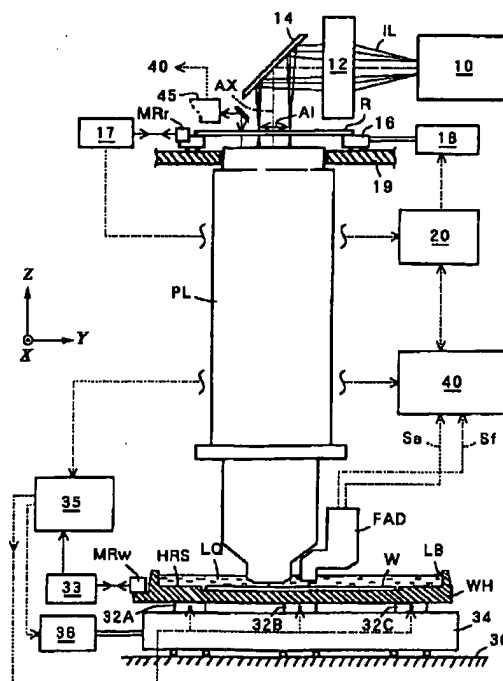
(74) 代理人 弁理士 猪熊 克彦

(54) 【発明の名称】 液浸型露光装置

(57) 【要約】

【課題】結像性能の劣化を招くことのない液浸型露光装置を提供する。

【解決手段】レチクルR上に描画されたパターンP aをウエハW上に焼付転写する投影光学系PLを有し、該投影光学系のウエハに最も近接したレンズ面P eとウエハWとの間のワーキングディスタンスのうちの少なくとも一部分を、露光光ILを透過する液体L Qで満たした液浸型露光装置において、ワーキングディスタンスの長さをLとし、露光光ILの波長をλとし、液体L Qの屈折率の温度係数をN (1/℃)としたとき、 $L \leq \lambda / (0.3 \times |N|)$ となるように形成したことを特徴とし、また、液体L Qとして、純水の表面張力を減少させ又は純水の界面活性度を増大させる添加剤を純水に添加したものをを用いたことを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】レチクル上に描画されたパターンをウエハ上に焼付転写する投影光学系を有し、該投影光学系のウエハに最も近接したレンズ面と前記ウエハとの間のワーキングディスタンスのうちの少なくとも一部分を、露光光を透過する液体で満たした液浸型露光装置において、前記ワーキングディスタンスの長さを $L$ とし、前記露光光の波長を $\lambda$ とし、前記液体の屈折率の温度係数を $N$  ( $1/^{\circ}\text{C}$ )としたとき、 $L \leq \lambda / (0.3 \times |N|)$

となるように形成したことを特徴とする液浸型露光装置。

【請求項2】レチクル上に描画されたパターンをウエハ上に焼付転写する投影光学系を有し、該投影光学系のウエハに最も近接したレンズ面と前記ウエハとの間のワーキングディスタンスのうちの少なくとも一部分を、露光光を透過する液体で満たした液浸型露光装置において、前記液体として、純水の表面張力を減少させ又は純水の界面活性度を増大させる添加剤を前記純水に添加したものをを用いたことを特徴とする液浸型露光装置。

【請求項3】前記ワーキングディスタンスの長さ $L$ が2mm以下である、請求項1又は2記載の液浸型露光装置。

【請求項4】前記レチクルとウエハを前記投影光学系の倍率に対応した速度比にて同期して等速に走査可能に配置した、請求項1、2又は3記載の液浸型露光装置。

【請求項5】前記露光光として紫外域の光を用いた、請求項1、2、3又は4記載の液浸型露光装置。

【請求項6】前記投影光学系の最もウエハ側の先端光学素子のウエハ側の光学面を平面状に形成し、前記先端光学素子を保持する鏡筒の下端面を前記光学面と同一平面をなすように形成し、前記鏡筒の下端外周面に面取りを施した、請求項1、2、3、4又は5記載の液浸型露光装置。

【請求項7】前記先端光学素子が平行平板である、請求項6記載の液浸型露光装置。

【請求項8】前記ウエハをホルダテーブルによって保持し、前記液体によってワーキングディスタンスを満たすことができるように前記ホルダテーブルの上面外周に壁部を立設し、前記ホルダテーブル内に前記液体を供給し且つ回収できるように液体供給ユニットを設け、前記ホルダテーブルと液体供給ユニットとの双方に温度調整器を設けた、請求項1～7のいずれか1項記載の液浸型露光装置。

【請求項9】前記ウエハをウエハチャックによって保持し、前記液体によってワーキングディスタンスを満たすことができるように前記ウエハチャックの上面外周に壁部を立設し、前記ウエハチャックを貫通して少なくとも3本のピンを設け、前記ウエハを前記ウエハチャックの上方に持ち上げることができるように、前記ピンに昇降

駆動装置を取り付けた、請求項1～7のいずれか1項記載の液浸型露光装置。

【請求項10】前記ウエハをウエハチャックによって保持し、前記液体によってワーキングディスタンスを満たすことができるように前記ウエハチャックの上面外周に壁部を立設し、前記ウエハチャックを貫通して少なくとも3本のピンを設け、ウエハチャックの前記壁部の上端を前記投影光学系の下端よりも低くすることができるように、前記ウエハチャックに昇降駆動装置を取り付けた、請求項1～7のいずれか1項記載の液浸型露光装置。

【請求項11】前記壁部の一部分に開閉自在な液密ドア部を設けることにより、投影光学系の下端部分との干渉を回避した、請求項1～10のいずれか1項記載の液浸型露光装置。

【請求項12】前記投影光学系の側面に干渉計用のミラーを取り付け、該ミラーに入射して反射する光束を前記液体から発する蒸気より離隔するように防護手段を設けた、請求項1～11のいずれか1項記載の液浸型露光装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、レチクル上に描画されたパターンを投影光学系によってウエハに焼付ける露光装置に関し、特に液浸型の露光装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】光学系の最終レンズ面と像面との間の間隔をワーキングディスタンスというが、従来の露光装置の投影光学系のワーキングディスタンスは、空気で満たされていた。このワーキングディスタンスは、オートフォーカス光学系を介在させるなどの都合により、10mm以上取るのが普通であった。他方、ウエハに転写するパターンについては、その微細化がますます望まれており、そのためには露光波長の短波長化を図るか、あるいは開口数の増大を図る必要がある。しかるに短波長の光を透過するガラス材料の種類には限度があるから、ワーキングディスタンスを液体で満たして開口数の増大を図ることにより、露光パターンの微細化を図る液浸型の露光装置が提案されている。

【0003】液浸型の露光装置では、ワーキングディスタンスに介在させた液体の温度分布によって、屈折率に分布が生じるおそれがある。そこで液体の温度変化に起因する結像性能の劣化への対策として、次のような技術が提案されている。すなわち、(あ)液体の温度安定機構によって温度の安定化を図るものとして、米国特許4,346,164号の図3に開示された技術が提案されており、加振攪拌機構によって温度の均一化を図るものとして、特開平6-124873号公報に開示された技術が提案されている。また、(い)液体の温度モニター機構によって温度調節にフィードバックするものとし

て、同じく特開平6-124873号公報に温度、又は屈折率を計測することが提案されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし(あ)においては、温度をどの程度安定させれば実用上問題ないかと言った議論は成されておらず、実際には下記に示すように、現実的とは言いがたい精度での温度コントロールが必要になる。また、(い)についても、結像性能に最も影響するのが液体の温度不均一であることを考慮すると、有効な対策とは言いがたい。このように液浸型露光装置に関する従来公知の技術においては、ワーキングディスタンスのような投影光学系の光学パラメータそのものについての制約に言及した例はなく、液浸型の特殊事情が考慮されているとは言えない状況であった。したがって本発明は、ワーキングディスタンスを満たす液体の温度制御を容易にして、結像性能の劣化を招くことのない液浸型露光装置を提供することを課題とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は上記課題を解決するためになされたものであり、すなわち、レチクル上に描画されたパターンをウエハ上に焼付転写する投影光学系を有し、該投影光学系のウエハに最も近接したレンズ面とウエハとの間のワーキングディスタンスのうちの少なくとも一部分を、露光光を透過する液体で満たした液浸型露光装置において、ワーキングディスタンスの長さを $L$ とし、露光光の波長を $\lambda$ とし、液体の屈折率の温度係数を $N(1/^\circ\text{C})$ としたとき、 $L \leq \lambda / (0.3 \times |N|)$

$$\text{空気: } \Delta F = 10 \text{ mm} \times |-9 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}| \times 0.01^\circ\text{C} = 0.09 \text{ nm}$$

$$\text{水: } \Delta F = 10 \text{ mm} \times |-8 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}| \times 0.01^\circ\text{C} = 8.0 \text{ nm}$$

【0009】しかるに一般に結像波面収差 $\Delta F$ は、露光波長 $\lambda$ の $1/30$ 以下が望ましく、すなわち、 $\Delta F \leq \lambda / 30$  ……(2)

が成立することが好ましい。例えば波長 $193 \text{ nm}$ のArFエキシマレーザを露光光として用いるときには、 $\Delta F < 6.4 \text{ nm}$ が望ましい。ワーキングディスタンスを満たす媒質が水の場合には、従来技術のようにワーキングディスタンス $L$ が $L > 10 \text{ mm}$ では、媒質の温度分布による結像波面収差の発生量が大きすぎて、実用上問題を生ずることが分かる。

【0010】(1a)式と(2)式とから、 $L \leq \lambda / (0.3 \times |N|)$  ……(3)

を得る。したがって(3)式を満たすことにより、実現可能な温度安定性(温度分布)のもとに、浸液中の温度分布によって生じる波面収差発生量が露光波長の $1/30$ 以下に抑えられた投影光学系を搭載した液浸型露光装置が得られる。以上のように本発明においては、温度分布を持った媒質中を露光光が通過することで発生する波

となるように形成したことを特徴とする液浸型露光装置であり、また、前記液体として、純水の表面張力を減少させ又は純水の界面活性度を増大させる添加剤を純水に添加したものをを用いたことを特徴とする液浸型露光装置である。

【0006】以下に本発明の作用を説明する。投影光学系の先端のガラス面から結像面までの距離、すなわちワーキングディスタンスを $L$ とし、ワーキングディスタンス $L$ を満たす媒質の温度分布の幅を $\Delta T$ とし、この温度分布 $\Delta T$ に起因する結像波面の収差を $\Delta F$ とし、液体の屈折率の温度係数を $N$ とすると、近似的に以下の式(1)が成立する。

$$\Delta F = L \times |N| \times \Delta T \quad \dots\dots (1)$$

【0007】媒質の温度分布 $\Delta T$ については、その均一化を図るためにいかにコントロールしようとも、 $\Delta T = 0.01^\circ\text{C}$ 程度の温度分布が存在すると想定される。したがって、結像波面収差 $\Delta F$ は、少なくとも、 $\Delta F = L \times |N| \times 0.01$  ……(1a)だけは存在する。ここで $N$ は、屈折率の温度係数を $1/^\circ\text{C}$ 単位で表した値である。

【0008】屈折率の温度係数 $N$ の値は液体と気体で大きく異なり、例えば空気では $N = -9 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ であるのに対して、水の場合は $N = -8 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ であり、 $100$ 倍近い差がある。他方、縮小投影露光装置の投影光学系のワーキングディスタンス $L$ は、通常 $L > 10 \text{ mm}$ であるが、 $L = 10 \text{ mm}$ であるとしても、結像波面収差 $\Delta F$ は以下になる。

面収差量が、温度分布量と媒質中の光路長の積に依存することに着目し、光路長に上限を設けることにより、温度分布に対する要求を緩和している。これにより実現可能なレベルでの浸液の温度コントロールのもとで、液浸型露光装置を実用に供することができる。

【0011】

【発明の実施の形態】以下に本発明に好適ないくつかの実施例を説明する。

【0012】

【第1の実施例の説明】図1は、本発明の第1の実施例による投影露光装置の全体構成を示し、ここでは、物体側と像側の両側においてテレセントリックに構成された円形イメージフィールドを有する縮小投影レンズ系PLを介して、レチクルR上の回路パターンを半導体ウエハW上に投影しつつ、レチクルRとウエハWとを投影レンズ系PLに対して相対走査するレンズ・スキャン方式の投影露光装置を示す。図1において照明系10は、波長 $193 \text{ nm}$ のパルス光を放射するArFエキシマレーザ

光源（不図示）、その光源からのパルス光の断面形状を整形するビームエキスパンダ（不図示）、その整形されたパルス光を入射して2次光源像（複数の点光源の集まり）を生成するフライ・アイレンズ等のオプティカルインテグレート（不図示）、その2次光源像からのパルス光を均一な照度分布のパルス照明光にする集光レンズ系（不図示）、そのパルス照明光の形状を走査露光時の走査方向（Y方向）と直交した方向（X方向）に長い矩形形状に整形するレチクルブラインド（照明視野絞り、不図示）、及びそのレチクルブラインドの矩形形状の開口からのパルス光ILを図1中のコンデンサーレンズ系12、ミラー14と協働してレチクルR上にスリット状又は矩形形状の照明領域AIとして結像するためのリレー光学系（不図示）とを含んでいる。

【0013】レチクルRは、走査露光時には大きなストロークで1次元方向に等速移動可能なレチクルステージ16上に真空吸着（場合によっては静電吸着、機械締結）される。レチクルステージ16は、図1においては装置本体のコラム構造体19上を図中の左右（Y方向）にスキャン移動するようにガイドされ、図の紙面と垂直な方向（X方向）にも移動するようにガイドされる。そのレチクルステージ16のXY平面内での座標位置や微小回転量は、レチクルステージ16の一部に取り付けられた移動鏡（平面鏡やコーナーミラー）MRrにレーザビームを投射して、その反射ビームを受光するレーザ干渉計システム17によって逐次計測される。そしてレチクルステージ制御器20は、干渉計システム17によって計測されるXY座標位置に基づいてレチクルステージ16を駆動するためのリニアモータやボイスコイル等のモータ18を制御し、レチクルステージ16のスキャン方向の移動と非スキャン方向の移動とを制御する。

【0014】さて、コンデンサーレンズ系12とミラー14から射出された矩形形状のパルス照明光ILがレチクルR上の回路パターン領域の一部を照射すると、その照明領域AI内に存在するパターンからの結像光束が1/4倍の縮小投影レンズ系PLを通して、ウエハWの表面に塗布された感応性のレジスト層に結像投影される。その投影レンズ系PLの光軸AXは、円形イメージフィールドの中心点を通り、照明系10とコンデンサーレンズ系12の各光軸とも同軸になるように配置されている。また投影レンズ系PLは、波長193nmの紫外線に対して高い透過率を有する石英と螢石の2種類の硝材で作られた複数枚のレンズ素子で構成され、螢石は主に正のパワーを持つレンズ素子に使われる。さらに投影レンズ系PLの複数枚のレンズ素子を固定する鏡筒の内部は、波長193nmのパルス照明光の酸素による吸収を避けるために窒素ガスに置換されている。このような窒素ガスによる置換は照明系10の内部からコンデンサーレンズ系12（又はミラー14）までの光路に対しても同様に行われる。

【0015】ところで、ウエハWはその裏面を吸着するホルダテーブルWH上に保持される。このホルダテーブルWHの外周部全体には一定の高さで壁部LBが設けられ、この壁部LBの内側には液体LQが所定の深さで満たされている。そしてウエハWは、ホルダテーブルWHの内底部の窪み部分に真空吸着される。またホルダテーブルWHの内底部の周辺には、ウエハWの外周を所定の幅で取り囲むような環状の補助プレート部HRSが設けられている。この補助プレート部HRSの表面の高さは、ホルダテーブルWH上に吸着された標準的なウエハWの表面の高さとほぼ一致するように定められている。

【0016】この補助プレート部HRSの主要な機能は、フォーカス・レベリングセンサーの検出点がウエハWの外形エッジの外側に位置するような場合の代替のフォーカス検出面として利用されることである。また補助プレート部HRSは、ウエハW上のショット領域とレチクルR上の回路パターンとを相対的に位置合わせするときに使われるアライメントセンサーのキャリブレーションや、ショット領域を走査露光するときに使われるフォーカス・レベリングセンサーのキャリブレーションにも兼用可能である。ただしアライメントセンサーやフォーカス・レベリングセンサーのキャリブレーションは、補助プレート部HRSと個別に設けられた専用の基準マーク板を使う方が望ましい。この場合、基準マーク板も液浸状態で投影レンズ系PLの投影像面とほぼ同一の高さになるようにホルダテーブルWH上に取り付けられ、アライメントセンサーは基準マーク板上に形成された各種の基準マークを液浸状態で検出することになる。なお、テーブル上の基準マーク板を使ってフォーカスセンサーのシステム・オフセットをキャリブレーションする方法の一例は、例えば米国特許4,650,983号に開示され、各種アライメントセンサーのキャリブレーション方法の一例は、例えば米国特許5,243,195号に開示されている。

【0017】ところで図1に示した通り、本実施例では投影レンズ系PLの先端部を液体LQ内に浸けるので、少なくともその先端部は防水加工されて鏡筒内に液体が染み込まないような構造となっている。さらに、投影レンズ系PLの先端のレンズ素子の下面（ウエハWとの対向面）は平面、又は曲率半径が極めて大きい凸面に加工され、これにより、走査露光時にレンズ素子の下面とウエハWの表面との間で生じる液体LQの流れをスムーズにできる。さらに本実施例では、後で詳細に説明するが、液浸状態における投影レンズ系PLの最良結像面（レチクル共役面）が、先端のレンズ素子の下面から約2～1mmの位置に形成されるように設計されている。従って、先端のレンズ素子の下面とウエハWの表面との間に形成される液体層の厚みも2～1mm程度になり、これによって液体LQの温度調整の制御精度が緩和されるとともに、その液体層内の温度分布ムラの発生も抑え

ることが可能となる。

【0018】さて、ホルダテーブルWHは、投影レンズ系PLの光軸AXに沿ったZ方向への並進移動（本実施例では粗移動と微動）と、光軸AXに垂直なXY平面に対する傾斜微動とが可能のように、XYステージ34上に取り付けられる。このXYステージ34はベース定盤30上をXY方向に2次元移動し、ホルダテーブルWHはXYステージ34上に3つのZ方向用のアクチュエータ32A、32B、32Cを介して取り付けられる。各アクチュエータ32A、B、Cは、ピエゾ伸縮素子、ボイスコイルモータ、DCモータとリフト・カムの組合わせ機構等で構成される。そして3つのZアクチュエータを同じ量だけZ方向に駆動させると、ホルダテーブルWHをZ方向（フォーカス方向）に平行移動させることができ、3つのZアクチュエータを互いに異なる量だけZ方向に駆動させると、ホルダテーブルWHの傾斜（チルト）方向とその量とが調整できる。

【0019】また、XYステージ34の2次元移動は、送りネジを回転させるDCモータや非接触に推力を発生させるリニアモータ等で構成される駆動モータ36によって行われる。この駆動モータ36の制御は、ホルダテーブルWHの端部に固定された移動鏡MRwの反射面のX方向、Y方向の各位置変化を計測するレーザ干渉計33からの計測座標位置を入力するウエハステージ制御器35によって行われる。なお、駆動モータ36をリニアモータとしたXYステージ34の全体構成としては、例えば特開平8-233964号公報に開示された構成を使ってもよい。

【0020】さて、本実施例では投影レンズ系PLのワーキングディスタンスが小さく、投影レンズPLの先端のレンズ素子とウエハWとの間の2～1mm程度の狭い間隔に液体LQを満たすことから、斜入射光方式のフォーカスセンサーの投光ビームを投影レンズ系PLの投影視野に対応したウエハ面上に斜めに投射することが難しい。このため本実施例では図1に示す通り、オフ・アクシス方式（投影レンズ系PLの投影視野内にフォーカス検出点がない方式）のフォーカス・レベリング検出系と、オフ・アクシス方式でウエハW上のアライメント用のマークを検出するマーク検出系とを含むフォーカス・アライメントセンサーFADを投影レンズ系PLの鏡筒の下端部周辺に配置する。

【0021】このフォーカス・アライメントセンサーFADの先端に取り付けられた光学素子（レンズ、ガラス板、プリズム等）の下面は、図1に示すように液体LQ中に配置され、その光学素子からはアライメント用の照明ビームやフォーカス検出用のビームが液体LQを通してウエハW（又は補助プレート部HRS）の表面上に照射される。そしてフォーカス・レベリング検出系はウエハWの表面の最良結像面に対する位置誤差に対応したフォーカス信号Sfを出力し、マーク検出系はウエハW上

のマークの光学的な特徴に対応した光電信号を解析して、マークのXY位置又は位置ずれ量を表すアライメント信号Saを出力する。

【0022】そして以上のフォーカス信号Sfとアライメント信号Saは主制御器40に送出され、主制御器40はフォーカス信号Sfに基づいて3つのZアクチュエータ32A、B、Cの各々を最適に駆動するための情報をウエハステージ制御器35に送出する。これによってウエハステージ制御器35は、ウエハW上の実際に投影されるべき領域に対するフォーカス調整やチルト調整が行われるように、各Zアクチュエータ32A、B、Cを制御する。

【0023】また主制御器40は、アライメント信号Saに基づいて、レチクルRとウエハWとの相対的な位置関係を整合させるためのXYステージ34の座標位置を管理する。さらに主制御器40は、ウエハW上の各ショット領域を走査露光する際、レチクルRとウエハWとがY方向に投影レンズ系PLの投影倍率と等しい速度比で等速移動するように、レチクルステージ制御器20とウエハステージ制御器35とを同期制御する。

【0024】なお、図1中のフォーカス・アライメントセンサーFADは投影レンズ系PLの先端部周辺の1ヶ所にだけしか設けられていないが、投影レンズ系PLの先端部を挟んでY方向に2ヶ所、X方向に2ヶ所の計4ヶ所に設けておくのがよい。また図1中のレチクルRの上方には、レチクルRの周辺部に形成されたアライメント用のマークとウエハW上のアライメント用のマーク（又は基準マーク板上の基準マーク）とを投影レンズ系PLを通して同時に検出して、レチクルRとウエハWとの位置ずれを高精度に計測するTTR（スルーザレチクル）方式のアライメントセンサー45が設けられている。そしてこのTTRアライメントセンサー45からの位置ずれ計測信号は主制御器40に送出され、レチクルステージ16やXYステージ34の位置決めに使われる。

【0025】ところで図1の露光装置は、XYステージ34をY方向に等速移動させて走査露光を行うものであるが、その走査露光時のレチクルR、ウエハWのスキャン移動とステップ移動とのスケジュールを図2を参照して説明する。図2において、図1中の投影レンズ系PLは、前群レンズ系LGaと後群レンズ系LGbとで代表的に表してあり、その前群レンズ系LGaと後群レンズ系LGbとの間には、投影レンズ系PLの射出瞳Epが存在する。また図2に示したレチクルRには、投影レンズ系PLの物体側の円形イメージフィールドの直径寸法よりも大きな対角長を有する回路パターン領域Paが、遮光帯SBによって区画された内側に形成されている。

【0026】そしてレチクルR上の領域Paは、レチクルRを例えばY軸に沿った負方向に一定速度Vrでスキャン移動させつつ、ウエハWをY軸に沿った正方向に一



定速度Vwでスキャン移動させることによって、ウエハW上の対応したショット領域SAaに走査露光される。このとき、レチクルRを照明するパルス照明光ILの領域AIは、図2に示すようにレチクル上の領域Pa内でX方向に伸びた平行なスリット状又は矩形状に設定され、そのX方向の両端部は遮光帯SB上に位置する。

【0027】さて、レチクルR上の領域Pa内のパルス光照明領域AIに含まれる部分パターンは、投影レンズ系PL（レンズ系LGa、LGb）によってウエハW上のショット領域SAa内の対応した位置に像SIとして結像される。そしてレチクルR上のパターン領域PaとウエハW上のショット領域SAaとの相対走査が完了すると、ウエハWは例えばショット領域SAaの隣りのショット領域SAbに対する走査開始位置にくるように、一定量だけY方向にステップ移動される。このステップ移動の間、パルス照明光ILの照射は中断される。次に、レチクルRの領域Pa内のパターンの像がウエハW上のショット領域SAbに走査露光されるように、レチクルRをパルス光照明領域AIに対してY軸の正方向に一定速度Vrで移動させつつ、ウエハWを投影像SIに対してY軸の負方向に一定速度Vwで移動させることで、ショット領域SAb上に電子回路のパターン像が形成される。なお、エキシマレーザ光源からのパルス光を走査露光に用いる技術の一例は、例えば米国特許4,924,257号に開示されている。

【0028】ところで図1、2に示した投影露光装置は、レチクルR上の回路パターン領域の対角長が投影レンズ系PLの円形イメージフィールドの直径よりも小さい場合、照明系10内のレチクルブラインドの開口の形状や大きさを変えて、照明領域AIの形状をその回路パターン領域に合わせると、図1の装置をステップ・アンド・リピート方式のステッパーとして使うことができる。この場合、ウエハW上のショット領域を露光している間は、レチクルステージ16とXYステージ34とを相対的に静止状態にしておく。しかしながらその露光中にウエハWが微動するときは、その微動をレーザ干渉計システム33で計測して投影レンズ系PLに対するウエハWの微小な位置ずれ分をレチクルR側で追従補正するように、レチクルステージ16を微動制御すればよい。またレチクルブラインドの開口の形状や大きさを変える場合は、開口形状やサイズの変更に合せて、レチクルブラインドに達する光源からのパルス光を調整後の開口に見合った範囲に集中させるようなズームレンズ系を設けてもよい。

【0029】なお、図2から明らかなように、投影像SIの領域はX方向に伸びたスリット状又は矩形状に設定されているため、走査露光中のチルト調整は本実施例では専らY軸回りの回転方向、すなわち走査露光の方向に対してローリング方向にのみ行われる。もちろん、投影像SIの領域の走査方向の幅が大きく、ウエハ表面の走

査方向に関するフラットネスの影響を考慮しなければならないときは、当然にX軸回りの回転方向、すなわちピッチング方向のチルト調整も走査露光中に行われる。

【0030】ここで、本実施例による露光装置の特徴であるホルダテーブルWH内の液体LQの状態について、図3を参照して説明する。図3は投影レンズ系PLの先端部からホルダテーブルWHまでの部分断面を表す。投影レンズ系PLの鏡筒内の先端には、下面Peが平面で上面が凸面の正レンズ素子LE1が固定されている。このレンズ素子LE1の下面Peは、鏡筒金物の先端部の端面と同一面となるように加工（フラッシュサーフェス加工）されており、液体LQの流れが乱れることを抑えている。さらに投影レンズ系PLの鏡筒先端部で液体LQ内に浸かる外周角部114は、例えば図3のように大きな曲率で面取り加工されており、液体LQの流れに対する抵抗を小さくして不要な渦の発生や乱流を抑える。また、ホルダテーブルWHの内底部の中央には、ウエハWの裏面を真空吸着する複数の突出した吸着面113が形成されている。この吸着面113は、具体的には1mm程度の高さでウエハWの径方向に所定のピッチで同心円状に形成された複数の輪帯状ランド部として作られる。そして各輪帯状ランド部の中央に刻設された溝の各々は、テーブルWHの内部で真空吸着用の真空源に接続される配管112につながっている。

【0031】さて、本実施例では図3に示したように、投影レンズ系PLの先端のレンズ素子LE1の下面PeとウエハW（又は補助プレート部HRS）の表面とのベストフォーカス状態での間隔Lは、2～1mm程度に設定される。そのため、ホルダテーブルWH内に満たされる液体LQの深さHqは、間隔Lに対して2～3倍程度以上であればよく、従ってホルダテーブルWHの周辺に立設された壁部LBの高さは数mm～10mm程度でよい。このように本実施例では、投影レンズ系PLのワーキングディスタンスとしての間隔Lを極めて小さくしたため、ホルダテーブルWH内に満たされる液体LQの総量も少なく済み、温度制御も容易になる。

【0032】ここで本実施例で使う液体LQは、入手が容易で取り扱いが簡単な純水を用いる。ただし本実施例では、液体LQの表面張力を減少させるとともに、界面活性力を増大させるために、ウエハWのレジスト層を溶解させず、且つレンズ素子の下面Peの光学コートに対する影響が無視できる脂肪族系の添加剤（液体）をわずかな割合で添加しておく。その添加剤としては、純水とはほぼ等しい屈折率を有するメチルアルコール等が好ましい。このようにすると、純水中のメチルアルコール成分が蒸発して含有濃度が変化しても、液体LQの全体としての屈折率変化を極めて小さくできるといった利点が得られる。

【0033】さて、液体LQの温度はある目標温度に対して一定の精度で制御されるが、現在比較的容易に温度

制御できる精度は $\pm 0.01^\circ\text{C}$ 程度である。そこでこのような温度精度のもとでの現実的な液浸投影法を考えてみる。一般に空気屈折率の温度係数 $N_a$ は約 $-9 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ であり、水の屈折率の温度係数 $N_q$ は約 $-8 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$ であり、水の屈折率の温度係数 $N_q$ の方が2桁程度も大きい。一方、ワーキングディスタンス $L$ を $L$ とすると、ワーキングディスタンス $L$ を満たす媒質の温度変化(温度むら)量 $\Delta T$ に起因して生じる結像の波面収差量 $\Delta F$ は近似的に次式で表される。

$$\Delta F = L \cdot |N| \cdot \Delta T$$

【0034】ここで、液浸投影法を適用しない通常の投影露光の場合、ワーキングディスタンス $L$ を10mm、温度変化量 $\Delta T$ を $0.01^\circ\text{C}$ としたときの波面収差量 $\Delta F_{air}$ は以下になる。

$$\Delta F_{air} = L \cdot |N_a| \cdot \Delta T \approx 0.09 \text{ nm}$$

また同じワーキングディスタンス $L$ と温度変化量 $\Delta T$ の下で、液浸投影法を適用した場合に得られる波面収差量 $\Delta F_{1q}$ は以下になる。

$$\Delta F_{1q} = L \cdot |N_q| \cdot \Delta T \approx 8 \text{ nm}$$

【0035】この波面収差量は、一般に使用波長 $\lambda$ の $1/30$ ないしは $1/50 \sim 1/100$ 程度が望ましいとされているから、ArFエキシマレーザを使った場合に許容される最大の波面収差量 $\Delta F_{max}$ は、 $\lambda/30$ ないしは $\lambda/50 \sim \lambda/100$ 程度の $6.43$ ないしは $3.86 \sim 1.93 \text{ nm}$ に定められ、望ましくは $\lambda/100$ の $1.93 \text{ nm}$ 以下に定められる。ところで空気と水の $0^\circ\text{C}$ における各熱伝導率は、空気 $0.0241 \text{ W/mK}$ となり、水 $0.561 \text{ W/mK}$ となり、水の方が熱伝導が良く、水中に形成される光路内での温度むらは空気中のそれよりも小さくでき、結果的に液体中で発生する屈折率の揺らぎも小さくできる。しかしながら、式(3)に表したようにワーキングディスタンス $L$ が10mm程度の場合、温度変化量 $\Delta T$ が $0.01^\circ\text{C}$ であったとしても、発生する波面収差量 $\Delta F_{1q}$ は許容収差量 $\Delta F_{max}$ を大きく越えてしまう。

【0036】そこで以上の考察から、許容波面収差量 $\Delta F_{max}$ を考慮した温度変化量 $\Delta T$ とワーキングディスタンス $L$ との関係は、

$$\Delta F_{max} = \lambda/30 \geq L \cdot |N_q| \cdot \Delta T$$

ないしは、

$$\Delta F_{max} = \lambda/100 \geq L \cdot |N_q| \cdot \Delta T$$

となる。ここで、想定される温度変化量 $\Delta T$ を $0.01^\circ\text{C}$ 、波長 $\lambda$ を $193 \text{ nm}$ 、そして液体 $LQ$ の屈折率変化量 $N_q$ を $-8 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$ とすると、必要とされるワーキングディスタンス(液体層の厚み) $L$ は、 $8 \text{ mm}$ ないしは $2.4 \text{ mm}$ 以下となる。望ましくは、そのワーキングディスタンス $L$ を液体 $LQ$ がスムーズに流れる範囲内で $2 \text{ mm}$ よりも小さくした方がよい。以上のように本実施例のように構成することにより、液体 $LQ$ の温度制御が容易になるとともに、液体層内の温度変化に起因した

波面収差変化で生じる投影像の劣化が抑えられ、極めて高い解像力でレチクル $R$ のパターンを投影露光することが可能となる。

【0037】

【第2の実施例の説明】次に、本発明の第2の実施例について図4を参照して説明する。本実施例は、先の第1の実施例にも同様に適用可能な液体 $LQ$ の温度制御法とウエハ $W$ の交換時の液体 $LQ$ の取り扱い方法とを示す。従って、図4において先の図1、3中の部材と同じものには同一の符号をつけてある。さて、図4においてホルダテーブル $WH$ の内底部に円形の凹部として形成されたウエハ載置部には複数の吸着面 $113$ が形成されている。そして円形のウエハ載置部の周辺には、液体 $LQ$ の供給と排出に用いる溝 $51$ が環状に形成され、その溝 $51$ の一部は、テーブル $WH$ 内に形成された通路 $52$ を介して、外部のパイプ $53$ につながれている。またホルダテーブル $WH$ 内のウエハ載置部の直下と補助プレート部 $HR$ の直下には、ベルチェ素子等の温度調整器 $50A$ 、 $50B$ が埋め込まれ、ホルダテーブル $WH$ 上の適当な位置(望ましくは複数ヶ所)には温度センサー $55$ が取り付けられて、液体 $LQ$ の温度が精密に検出される。そして温度調整器 $50A$ 、 $50B$ は、温度センサー $55$ によって検出される液体 $LQ$ の温度が一定値になるように、制御器 $60$ によって制御される。

【0038】一方、パイプ $53$ は、切り替えバルブ $62$ を介して、液体供給ユニット $64$ と排出ポンプ $66$ に接続されている。切り替えバルブ $62$ は、制御器 $60$ からの指令にตอบสนองして、液体供給ユニット $64$ からの液体 $LQ$ をパイプ $53$ に供給する流路か、パイプ $53$ からの液体 $LQ$ を排出ポンプ $66$ を介して供給ユニット $64$ に戻す流路かを切り替えるように動作する。また供給ユニット $64$ 内には、ホルダテーブル $WH$ 上の液体 $LQ$ の全体を収容可能なリザーブタンク(不図示)と、このタンクから液体 $LQ$ を供給するポンプ $64A$ と、そのポンプ $64A$ を含めタンク内の液体 $LQ$ 全体を一定の温度に保つ温度調整器 $64B$ とが設けられている。さらに以上の構成において、バルブ $62$ 、ポンプ $64A$ 、温度調整器 $64B$ 、排出ポンプ $66$ の各動作は、制御器 $60$ によって統括的に制御される。

【0039】さて、このような構成において、ウエハ $W$ がホルダテーブル $WH$ の載置部上に搬送され、プリアライメントされた状態で複数の吸着面 $113$ 上に載置されると、図3に示した真空吸着用の配管 $112$ を介して減圧固定される。この間、温度調整器 $50A$ 、 $50B$ は、目標となる温度に制御され続けている。そしてウエハ $W$ の真空吸着が完了すると、切り替えバルブ $62$ がクローズ位置から供給ユニット $64$ 側に切り替わり、温度調整された液体 $LQ$ がポンプ $64A$ の作動によって、パイプ $53$ 、通路 $52$ 、溝 $51$ を介してホルダテーブル $WH$ の壁部 $LB$ の内部に一定量だけ注入されて、切り替えバルブ

ブ62がクローズ位置に戻る。その後、ウエハWに対する露光が完了すると、直ちに切り替えバルブ62がクローズ位置から排出ポンプ66側に切り替わり、排出ポンプ66の作動によってテーブルWH上の液体LQが溝51、パイプ53を介して供給ユニット64のリザーブタンク内に戻される。そのタンク内に戻された液体LQは、リザーブタンク内の温度センサーからの検出信号に基づいて、次のウエハが準備できるまで温調器64Bによって精密に温度制御される。

【0040】このように本実施例によれば、液浸露光中の液体LQはホルダテーブルWH内の温度調整器50A、50Bによって温度制御され、ウエハ交換動作中は液体LQを供給ユニット64内に回収して温度制御するようにしたので、ウエハ交換が大気中で可能になるとともに、液体LQの大きな温度変化を防止できると云った利点がある。さらに本実施例によれば、ウエハ交換後にホルダテーブルWHに注入される液体LQは、たとえ設定温度に対して僅か(例えば0.5℃程度)に異なっていたとしても、液体層の深さHq(図3参照)が総じて浅いために比較的早く設定温度に到達し得るから、温度安定を待つ時間も短縮され得る。

【0041】

【第3の実施例の説明】次に第3の実施例について図5を参照して説明する。図5は先の図3の構成を改良したホルダテーブルWHの部分断面を表し、この実施例のホルダテーブルWHは、ウエハWを保持するウエハチャック90と、フォーカス・レベリングのためのZ方向移動とチルト移動を行うZLステージ82とに別れており、ZLステージ82上にウエハチャック90が載置されている。そしてZLステージ82は、3つのZアクチュエータ32A、32C(32Bは省略)を介して、XYステージ34上に設けられる。そしてチャック90には、図1、3、4と同様に、壁部LB、補助プレート部HR S、真空吸着用の配管112、液体LQの供給、排出用のパイプ53(図4参照)に接続される通路53A、53Bがそれぞれ形成されている。ただし、通路53Aはウエハチャック90内部の補助プレート部HR Sの周辺部分につながっており、通路53Bはウエハチャック90内底部のウエハ載置部の最も低い部分につながっている。このようにウエハチャック90内の複数ヶ所に液体排出、注入用の通路を形成しておくこと、液体の出し入れが迅速に行われる。

【0042】さらに本実施例では、チャック90の中央部に3つ(2つのみ図示)の貫通孔91が形成され、この貫通孔91を通して上下動する3つ(2つのみ図示)のセンターアップピン83が、上下動駆動機構85の上に設けられている。この上下動駆動機構85は、XYステージ34側に固定される。その3つのセンターアップピン83は、ウエハ交換時にチャック90上のウエハWを載置面から一定量だけ持ち上げたり、ウエハWを載置

面上に下ろしたりするためのものであり、ウエハWがチャック90の載置面に真空吸着された状態では、図5に示すようにセンターアップピン83の先端面は、チャック90の載置面よりも下がった位置に設定される。

【0043】一方、本実施例で使用する投影レンズ系PLの先端部には、サブ鏡筒80の先端に光軸AXと垂直に固定された石英の平行平板CGが取り付けられ、したがって先端のレンズ素子LE1(平凸レンズ)が液体LQに浸かることがないように構成されている。本実施例では、この平行平板CGの下面とウエハWの表面との間隔が、見かけ上のワーキングディスタンスとなり、先の実施例と同様に2mm以下に設定される。またサブ鏡筒80の平行平板CGとの取付け面は防水加工され、サブ鏡筒80の内部には窒素ガスが充填されている。

【0044】このように投影レンズ系PLの先端に平行平板CGを設けるようにすると、投影レンズ系PLの実質的なバックフォーカス距離(屈折力を持つ先端の光学素子から像面までの距離)が10~15mm程度であっても、容易にワーキングディスタンスLを1~2mm程度にして液体の温度変化の影響を低減させた液浸投影法が実現できる。また、平行平板CGは後付けて設けることができるから、平行平板CGの表面の一部分を波長の数分の1程度のオーダーで研磨することにより、投影像内で生じている局所的な微小歪曲収差(あるいはランダムなディストーション)を容易に修正することが可能となる。すなわち、平行平板CGは投影レンズ系PLの最先端のレンズ素子を液体から保護する窓としての機能と、ディストーション補正板としての機能とを兼ね備えることになる。なお、別の見方をすれば平行平板CGを含めて投影レンズ系PLの結像性能が保証されているので、平行平板CGが投影レンズ系PLの最先端の光学素子であることに変わりはない。

【0045】

【第4の実施例の説明】次に本発明の第4の実施例について図6を参照して説明する。本実施例は、先の図5に示した実施例とも関連し、ワーキングディスタンスを極めて小さくした投影光学系を液浸投影露光法に使用した場合のウエハ交換に関するものである。図6において、投影レンズ系PLの鏡筒の下端部には、図1に示したレーザ干渉計33からの参照用ビームBSrを受けて反射する参照ミラーML(X方向用とY方向用)が固定されている。そしてレーザ干渉計33からの測長用ビームBSmは、先の図5に示したようなZLステージ82の端部に固定された移動鏡MRwに投射され、その反射ビームはレーザ干渉計33に戻り、参照用ビームBSrの反射ビームと干渉して移動鏡MRwの反射面の座標位置、すなわちウエハWのX、Y方向の座標位置が、参照ミラーMLを基準として計測される。さて、本実施例においても、ZLステージ82は3つのZアクチュエータ32A、32B(32Cは省略)を介してXYステージ34

上に取り付けられ、Z方向とチルト方向とに移動可能となっている。ただし、Zステージ82は、その周辺の3ヶ所で板バネ84A、84B(84Cは省略)を介してXYステージ34と結合され、XYステージ34に対する水平方向(XY面内)の剛性が極めて大きくなるように支持される。

【0046】そして本実施例でも、先の図5と同様のウエハチャック90がZステージ82上に設けられるが、図5と異なる点は、ウエハチャック90を複数のZ方向の駆動機構88A、88Bによって比較的に大きなストローク(10~15mm程度)でZステージ82に対してZ方向に移動する構成にしたことである。この駆動機構88A、88Bは、フォーカス・レベリングのためのZアクチュエータ32A、B、Cと異なり、ウエハチャック90をそのストロークの両端間で移動させるだけでよく、エア・シリンダやリンク機構等を使った簡単なエレベーション機能でよい。さらに図6の実施例では、先の図5に示したセンターアップピン83がXYステージ34上に上下動することなく固定されている。そして図6のようにウエハチャック90が最も上昇した状態では、ウエハWの表面が投影レンズ系PLの先端の光学素子の面から1~2mm程度に設定され、センターアップピン83の先端面はウエハチャック90のウエハ載置面よりもわずかに下側(2~3mm程度)に下がっている。

【0047】以上のような構成で、図6はウエハWに対する露光動作時の状態を表し、その露光動作が完了すると先の図4に示した液体LQの排出操作によってウエハチャック90上の液体LQを一時的に排出する。その後、ウエハチャック90の真空吸着が解除されると、駆動機構88A、88Bを作動させてウエハチャック90を図6の位置から最も下にダウンさせる。これによってウエハWは3つのセンターアップピン83の先端面上に載せ替えられるとともに、ウエハチャック90周辺の壁部LBの上端面が投影レンズ系PLの先端面(図3中ではレンズ素子LE1の下面Pe、図5中では平行平板CGの下面)よりも低くなるように位置決めされる。その状態でXYステージ34をウエハ交換位置まで移動させると、ウエハWは投影レンズ系PLの直下から引き出されて、搬送用のアーム95の方に移動する。このときアーム95は、ウエハチャック90の壁部LBの上端面よりは高く、且つセンターアップピン83上のウエハWよりは低くなるような高さ設定された状態で、ウエハWの下側に入り込む。それからアーム90はウエハWを上方向にわずかに持ち上げつつ真空吸着を行い、所定のアンロード位置に向けてウエハWを搬送する。ウエハWの搬入は、以上のシーケンスとは全く逆に行われる。

【0048】ところで図6に示したように、レーザ干渉計33が参照ビームBSrを投影レンズ系PLの参照ミラーMLに投射するような方式の場合、参照ビームBS

rの光路の直下に液体LQのプールが広がっているため、その液体LQの飽和蒸気の上昇によって参照ビームBSrの光路に揺らぎを与えることが考えられる。そこで本実施例では、参照ビームBSrの光路と液体LQとの間にカバー板87を配置し、液体LQから上昇する蒸気流を遮断して参照ビームBSrの光路で発生する揺らぎを防止する。

【0049】なお、カバー板87の上部空間には、参照ビームBSrの光路をより安定にするために、光路と交差する方向に温度制御された清浄な空気を送風してもよい。この場合、カバー板87は光路空調用の空気が直接液体LQに吹き付けられることを防止する機能も備えることになり、液体LQの不要な蒸発を低減させることができる。また、単なるカバー板87に代えて、参照ビームBSrの光路全体を遮風筒で覆う構成にしてもよい。

【0050】

【第5の実施例の説明】次に本発明の第5の実施例を図7(A)、(B)を参照して説明する。本実施例は先の図1に示したホルダテーブルWHの構造に、図5に示したセンターアップ機構(ピン83、Z駆動部85)を組合わせたものであり、ウエハ交換を簡単にするようにホルダテーブルWHを改良したものである。そして図7(B)はその改良されたホルダテーブルWHの平面を表し、図7(A)は図7(B)中の7A矢視の断面を表す。その図7(A)、(B)から分かるように、ホルダテーブルWHは、XYステージ34上に3つのZアクチュエータ32A、32C(32Bは省略)を介して保持され、ホルダテーブルWHの中央付近には3つの貫通孔91が設けられている。この貫通孔91には、駆動部85によって上下動するセンターアップピン83が通る。

【0051】先にも説明したように、投影レンズ系PLの最下端面の高さは、そのままでは補助プレート部HR S(ウエハW)の表面から2mm程度しか離れていない。さらにホルダテーブルWHの周辺に設けられた壁部LBの上端は投影レンズ系PLの最下端面よりも高い。従って、ウエハ交換のためにそのままXYステージ34を移動させて投影レンズ系PLの直下からウエハを引き出すように構成した場合、補助プレート部HR Sの一部分の幅が投影レンズ系PLの鏡筒の直径寸法程度必要となり、液体LQが注入されるホルダテーブルWHの内容積を大きくすることになる。

【0052】そこで本実施例では、図7に示すようにホルダテーブルWHの壁部LBの一部を切り欠いて、そこに開閉自在な液密ドア部DBを設けた。この液密ドア部DBは、液体LQが注入されている間は常に図7

(A)、(B)のように壁部LBの切り欠き部を液密状態で閉じており、液体LQがホルダテーブルWH上から排出されると、図7(A)中の破線のように開くようになっていく。その液密ドア部DBは、開いた状態では補助プレート部HR Sの表面の高さよりも若干低くなるよ

うに設定されている。また液密ドア部DBの内壁と接するホルダテーブルWH本体側の壁部分(壁部LBの切り欠き部等)には、図7(B)のように液密性を確実にするリングOLが適宜の位置に設けられている。

【0053】以上のような構成において、ホルダテーブルWH上のウエハを交換する場合は、まずホルダテーブルWH内の液体LQを排出してから、液密ドア部DBを開く。その後、XYステージ34を図7中で右側に移動させると、ウエハは投影レンズ系PLの直下から引き出されることになる。このとき、投影レンズ系PLは丁度開いた液密ドア部DBの上方空間に位置する。それからセンターアップピン83を上昇させてウエハを壁部LBよりも高く持ち上げれば、ウエハは容易に交換することができる。

【0054】本実施例によれば、ホルダテーブルWHの周囲を取り囲む壁部LBの直径を最小にすることが可能となり、ホルダテーブルWH内に満たされる液体LQの総量を最小限に抑えることが可能となり、液体LQの温度管理が容易になるだけでなく、液体LQの注入排出時間も最小になるといった利点がある。なお、前記第4の実施例の構成のときには、ウエハチャックが下降するから特に液密ドア部を設ける必要はないが、第4の実施例の構成において、なおも液密ドア部を設けても良い。

【0055】

【第6の実施例の説明】次に図8は本発明の第6の実施例を示し、この実施例では下部容器7と上部容器8を用いている。ウエハ3を載置するウエハホルダー3aは下部容器7の内面底部に形成されており、下部容器7の上面は上部容器8の底面によって密閉されており、下部容器7の全容積は浸液7aによって完全に満たされている。他方上部容器8にも浸液8aが満たされており、その浸液8a内に投影光学系1の最終レンズ面1aが浸されている。

【0056】下部容器7内の浸液7aの一部分は、下部容器7の一側面に設けた排出口5より温度調節器6に導かれ、温度調節器6において温度調節を受けた後に、下部容器7の他側面に設けた注入口4より下部容器7に戻るよう循環している。下部容器7内の複数箇所には温度センサー(図示せず)が取り付けられており、温度調節器6は温度センサーからの出力に基づいて、下部容器7内の浸液7aの温度が一定となるように制御している。また上部容器8内の浸液8aについても、同様の温度調節機構が設けられている。

【0057】この実施例においては、下部容器7と上部容器8を一体として移動することにより、ウエハ3を移動している。他方、ウエハ3を収容した下部容器内の浸液は実質的に密閉されているから、温度安定性の点で有利であるだけでなく、浸液中の渦等の流れによる圧力分布も発生しない。すなわち浸液中の圧力分布は、屈折率の揺らぎとなり結像波面収差悪化の要因となるが、この

第6の実施例において圧力分布が問題になるのは、上部容器8に満たされた浸液8aのみで、この部分の光路 $L_8$ を十分に短く形成することにより、ウエハ移動時の浸液流れの影響を実用上問題にならないレベルまで緩和することが出来る。

【0058】なお本実施例では下部容器7と上部容器8を一体として移動したが、下部容器7のみを移動し、上部容器8を固定することもできる。この構成のときには、上部容器8内の浸液8aは完全に停止することになる。したがってワーキングディスタンス $L$ のうちで、上部容器8内の浸液8aの厚さ $L_8$ よりも、下部容器7内の浸液7aの厚さ $L_7$ の方を十分に薄く形成することが好ましい。

【0059】

【その他の変形例の説明】以上、本発明の各実施例を説明したが、先の図1に示したように液浸投影露光時のワーキングディスタンスは1~2mm程度と極めて小さいため、ウエハWに対する焦点合せはオフ・アクシス方式のフォーカス・アライメントセンサーFADを使うものとした。しかしながら、例えば米国特許4,801,977号、米国特許4,383,757号等に開示されているように、投影レンズ系PLの投影視野内の周辺部を介してフォーカス検出用のビームをウエハ上に投射してウエハ表面の高さ位置又は傾きを計測するTTL(スルー・ザ・レンズ)方式のフォーカス検出機構を設けてもよい。

【0060】また、図1に示したフォーカス・アライメントセンサーFADは、オフ・アクシス方式でウエハW上のアライメントマークを光学的に検出するものとしたが、このアライメントセンサーもレチクルRと投影レンズ系PLとを通してウエハW上のマークを検出する図1中のTTRアライメントセンサー45の他に、投影レンズ系PLのみを通してウエハW上のマークを検出するTTL方式のアライメントセンサーとしてもよい。さらに本発明は、紫外線域(波長400nm以下)のもとで投影露光する投影光学系を備えていれば、どのような構成の露光装置であっても全く同様に適用し得る。

【0061】

【発明の効果】以上のように本発明により、実現可能な温度コントロールの範囲内で、十分な結像性能が保証された液浸型の露光装置が提供された。また、液浸型露光装置におけるウエハのローディングとアンローディングに適したウエハステージの構造も提供された。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例による走査型の投影露光装置の全体的な構成を示す図である。

【図2】走査露光のシーケンスを模式的に説明するための斜視図である。

【図3】図1中の投影レンズ系付近の詳細な構成を示す部分断面図である。

【図4】本発明の第2の実施例による液体の温度制御と液体供給システムとを模式的に示すブロック図である。

【図5】本発明の第3の実施例によるウエハホルダーと投影レンズ系付近の構造を示す部分断面図である。

【図6】本発明の第4の実施例によるウエハホルダーと投影レンズ系付近の構造を示す部分断面図である。

【図7】本発明の第5の実施例によるホルダテーブルの構造を示す(A)断面図と、(B)平面図である。

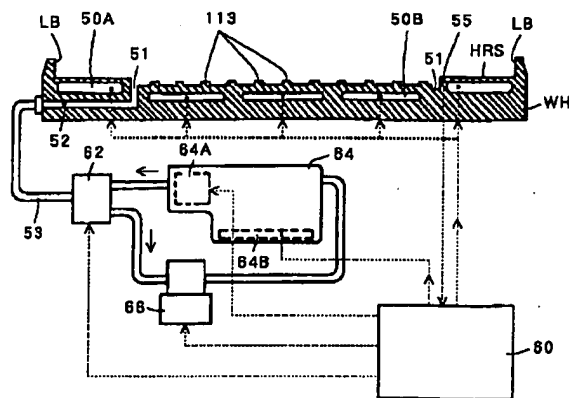
【図8】本発明の第6の実施例の要部を示す概略断面図である。

【符号の説明】

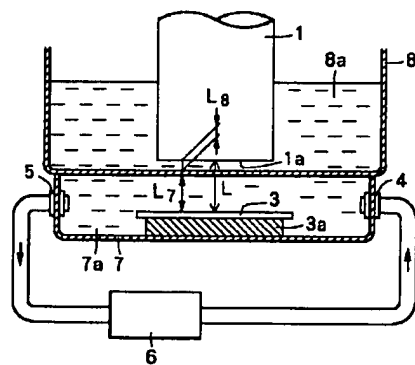
1…投影光学系  
7、8…容器  
3…ウエハ  
4…注入口  
6…温度調節器  
10…照明系  
レンズ系  
14…ミラー  
ステージ  
17…レーザ干渉計システム  
19…コラム構造体  
ステージ制御器  
30…ベース定盤  
2C…アクチュエータ  
33…レーザ干渉計システム  
35…ウエハステージ制御器  
40…主制御器  
温度調整器  
51…溝51  
53…パイプ  
路  
1a…最終レンズ面  
7a、8a…浸液  
3a…ウエハホルダー  
5…排出口  
L…ワーキングディ  
スタンス  
12…コンデンサー  
16…レチクルステ  
ージ  
18…モータ  
20…レチクルステ  
ージ  
32A、32B、3  
34…XYステージ  
36…駆動モータ  
50A、50B…温  
度センサー  
52…通路  
53A、53B…通  
路

55…温度センサー  
62…切り替えバルブ  
ット  
64A…ポンプ  
66…排出ポンプ66  
82…ZLステージ  
ピン  
84A、84B…板バネ  
構  
87…カバー板  
動機構  
90…ウエハチャック  
95…アーム  
113…吸着面  
IL…パルス照明光  
R…レチクル  
領域  
SB…遮光帯  
AX…光軸  
系  
LGb…後群レンズ系  
LE1…正レンズ素子  
CG…平行平板  
SAa、SAb…ショット領域  
WH…ホルダテーブル  
LQ…液体  
部  
DB…液密ドア部  
FAD…フォーカス・アライメントセンサー  
MRr、MRw…移動鏡  
BSr…参照用ビーム  
Sf…フォーカス信号  
信号  
60…制御器  
64…液体供給ユニ  
ット  
64B…温調器  
80…サブ鏡筒  
83…センターアッ  
プピン  
85…上下動駆動機  
構  
88A、88B…駆  
動機構  
91…貫通孔  
112…配管  
114…外周角部  
AI…照明領域  
Pa…回路パターン  
PL…投影レンズ系  
LGa…前群レンズ  
系  
Ep…射出瞳  
Pe…下面  
W…ウエハ  
SI…投影像  
LB…壁部  
HRS…補助プレー  
ット  
OL…Oリング  
ML…参照ミラー  
BSm…測長用ビー  
ム  
Sa…アライメント  
信号

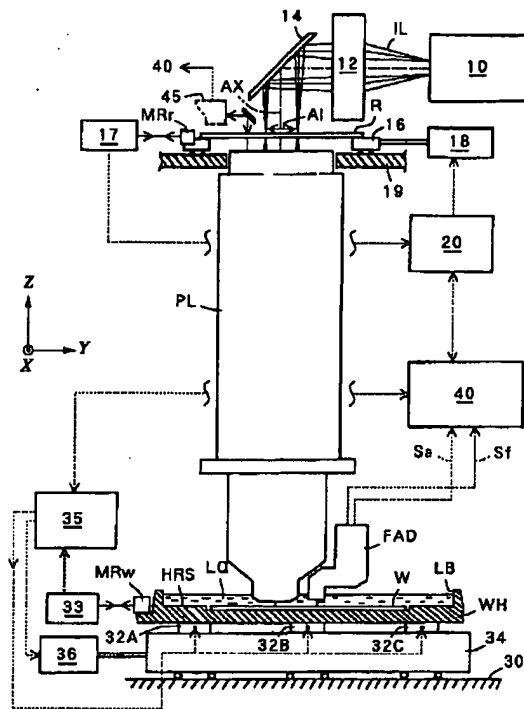
【図4】



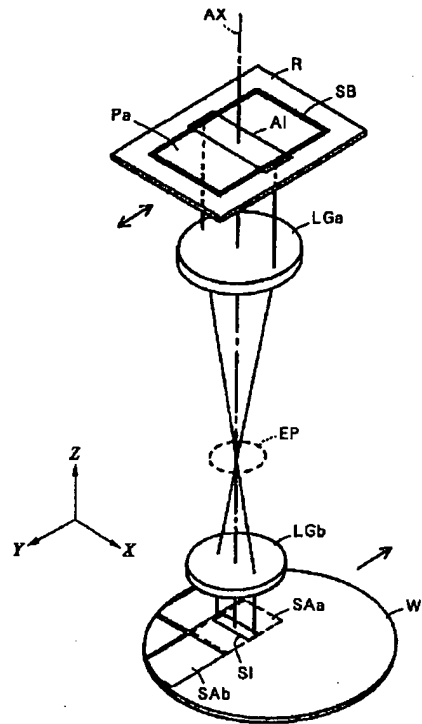
【図8】



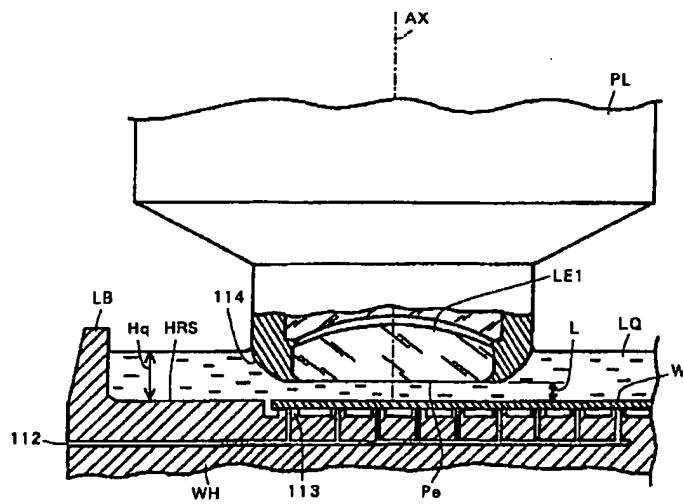
【図1】



【図2】



【図3】

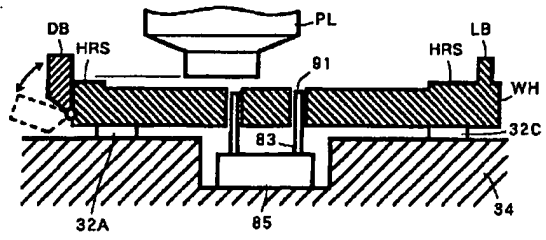






【図7】

(A)



(B)

